



EESTI MAAÜLIKOOL  
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Karl Egert Sepp**

**VAHEKULTUURIDE SEGUD**

**COVER CROP MIXTURES**

Bakalaureusetöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendajad: Enn Lauringson, PhD

Liina Talgre, PhD

Tartu 2020

## Lühikokkuvõte

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Karl Egert Sepp		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Vahekultuuride segud			
Lehekülgi: 51	Jooniseid: 29	Tabeleid: 3	Lisasid: -
Osakond / Õppetool: Põllumajanduse- ja keskkonnainstituut/ Taimekasvatuse ja Rohumaaviljeluse osakond			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Taimekasvatus, B 390			
Juhendaja(d): Enn Lauringson, Liina Talgre			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2020			
<p>Vahekultuuride kasvatamine on kliimamuutuste ja põllumajanduse suure surve tõttu keskkonnale muutumas järjest olulisemaks. Olulisemaks on muutunud põllumajanduse jätkusuutlikuse arendamine vahekultuuridega. Vahekultuure kasvatatakse puhaskülvidena ja erinevate taimeliikide segudena. Kuigi monokultuurina on vahekultuure lihtsam külvikorda sobitada, siis segudena kasvatades on sageli suurem biomass kui üksikliigil, toiteelementide sidumine parem ja mõju mullaomaduste parandamiseks tõhusam. Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli hinnata erinevate vahekultuuride segude biomassi moodustamise ja toitainete sidumise võimet. Töös analüüsiti 2018. ja 2019. aastal Põllumajandus- ja Keskkonnainstituudi katsepõllul Eerikal läbiviidud katsete andmeid. Katses kasvatati üheksat erinevat vahekultuuride segu, mis koostati erinevatest vahekultuurideks sobivatest taimeliikidest. Katsetulemustest järelalus, et erinevad vahekultuuride segud on erineva biomassi ja toitainete sidumise võimega. Selgus, et toitainete sidumine olenes biomassist- suurema biomassi puhul seoti rohkem toitaineid. Erinevate segude liigilise koosseisu võrdlustest selgus, et vahekultuuride segudesse võiks suure biomassi moodustamiseks lisada sellised liigid nagu talivikk, kesaredis ja keerispea.</p>			
Märksõnad: vahekultuurid, biomass, toitained, liigiline koosseis			

## Abstract

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bachelor's Thesis	
Author: Karl Egert Sepp		Curriculum: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: Cover crop mixtures			
Pages: 51	Figures: 29	Tables: 3	Appendixes: -
Department / Chair: Institute of Agricultural and Environmental Science/ Department of Field Crops and Grassland Husbandry Field of research and (CERC S) code: Crop Husbandry, B390 Supervisors: Enn Lauringson, Liina Talgre Place and date: Tartu, 2020			
<p>In recent decades, growing cover crops has gained popularity and a lot of researches has been done. Cover crops are one of the solutions to make agriculture more sustainable and to cope with climate change. However, most farmers grow cover crops as a monoculture and it is little known about cover crop mixtures and which mixtures could be succesful in Estonia. The aim of this thesis, is to compare different cover crop mixture biomasses and nutrient accumulation. This study is based on an experiment which was conducted in 2018 and 2019 on experimental field of Institute of Agricultural and Environmental Science in Eerika. The experiment consisted nine mixtures of different cover crop species. Biomass, nutrient accumulation and species composition were measured. Results showed that different cover crop mixtures have different biomasses and nutrient retentions. We concluded that biomass yield affects nutrient accumulation- mixtures with bigger biomass yield also accumulated more nutrients. The study indicated that three species (hairy vetch, phacelia, tillage radish) were more dominant than others and produced biggest biomass. Mixture which consisted all three species had the biggest biomass and nutrient accumulation in both years. Because it is benefitial to grow mixtures with high biomass, these species are very effective as cover crops.</p>			
Keywords: cover crops, biomass, nutrient accumulation, species composition			

# SISUKORD

Lühikokkuvõte.....	2
Abstract .....	3
SISUKORD .....	4
SISSEJUHATUS .....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 Vahekultuurid.....	7
1.1.1 Vahekultuuride kasvatamine segus .....	8
1.2 Vahekultuuride mõju.....	9
1.2.1 Mõju mullale .....	10
1.2.2 Mõju mulla toitainete sisaldusele .....	11
1.2.3 Mõju mulla elustikule .....	12
1.2.4 Mõju umbrohtumisele .....	13
1.2.5 Mõju kahjurputukatele .....	14
1.2.6 Mõju taimehaigustele.....	15
2. METOODIKA.....	16
2.1 Katseala kirjeldus.....	16
2.2 Andmete kogumise ja analüüsi meetoodika.....	17
2.3 Ilmastiku andmed .....	18
3. UURIMISTÖÖ TULEMUSED JA ARUTELU.....	22
3.1 Vahekultuuride segude biomass aastatel 2018 ja 2019 .....	22
3.1.1 Segude biomass aastal 2018.....	22
3.1.2 Segude biomass aastal 2019.....	23
3.1.3 2018. ja 2019. aasta katsete võrdlus.....	25
3.2 Vahekultuuride segude liigiline koosseis aastatel 2018 ja 2019 .....	26
3.3 Segus olnud liikide biomassi osakaal aastatel 2018 ja 2019 .....	30
3.4 Vahekultuuride segude toitainete sidumine aastatel 2018 ja 2019.....	40
3.4.1 Lämmastik .....	42
3.4.2 Fosfor .....	42
3.4.3 Kaalium.....	43
3.4.4 Kaltsium.....	44
3.4.5 Magneesium .....	45
KOKKUVÕTE .....	47
KASUTATUD KIRJANDUS .....	49

## SISSEJUHATUS

Põllumajanduses on tõusnud väga oluliseks teemaks jätkusuutlikud majandamissüsteemid, mis näitab, et vaja on kaitsta bioloogilist mitmekesisust ja keskkonna tasakaalu. Jätkusuutliku põllumajanduse üks strateegiatest hõlmab vahekultuuride kasvatamist (Gołaszewska, 2018).

Vahekultuuride kasvatamine loob mitmeid positiivseid tegureid, mis võimaldavad muuta põllumajandust produktiivsemaks ja jätkusuutlikumaks, vähendades samal ajal põllumajandusega kaasnevaid keskkonnamõjusid ja kulusid. Põllumajandusliku tootlikkuse, jätkusuutlikuse ja mulla tervise seisukohalt on kõige olulisemad erosiooni vähendamine, tallamise vähendamine, tihenenud mulla kobestamine, suurem veehoiuvõime, suurem mullaelustiku mitmekesisus, suurem orgaanilise aine kogus mullas, lämmastiku leostumise vähendamine ja toitainete taaskasutamine. Keskkonna poole pealt on oluline vahekultuuride poolt vähendatud toitainete leostumine, suurem süsiniku sidumine. Samuti aitavad vahekultuurid alla suruda umbrohtude ja haiguste levikut, mis vähendab kemikaalide kasutamist ja sellega koormust keskkonnale (Stivers-Young ja Tucker, 1999; Snapp jt., 2005).

Vahekultuuride puhul on hakatud järjest rohkem kasvatama neid rohkem eri liikidest koosnevate segudena kui puhaskülvina, sest see muudab vahekultuuride kasvatamise paindlikumaks ja võimaldab kombineerida erinevate taimeliikide omadusi. Samuti aitab see ka vähendada riske, milleks võib olla näiteks vähese pinnakativuse teke (Talgre ja Luik, 2018).

Antud töö jaoks läbiviidud katses võrreldigi vahekultuuride segude biomassi ja toitainete sidumist kahel erineval aastal. Katses kasutati erinevaid vahekultuuride liike, mis olid kombineeritud segudeks.

Töö eesmärgiks oli hinnata erinevate segude biomassi moodustamise ja toitainete sidumise võimet. Lisaks uuriti liikide osakaalu segudes kahel aastal.

Töö hüpoteesiks on: erinevatest vahekultuuride liikidest koosnevad segud on erineva biomassi moodustamise ja toitainete sidumise võimega.

Töö valmimist on toetanud projekt „Põhikultuuride järel vahekultuuridena kasvatamiseks sobivate liikide ja segude ning nende viljelemiseks sobiva agrotehnika väljatöötamine“. Täna ka oma juhendajaid Enn Lauringsoni ja Liina Talgret, kellega oleme suutnud hästi ühendust hoida olenemata valitsevast eriolukorrast.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Vahekultuurid

Bioloogiline mitmekesisus on väga oluline jätkusuutliku põllumajanduse alus (Jaskulski, Jaskulska, 2011a, b). Üheks oluliseks elemendiks jätkusuutlikus põllumajanduses on vahekultuurid. Põllumajandustootmises on vahekultuurid defineeritud, kui lisakultuurid, mida esiteks kasvatatakse biomassi pärast varakult koristatavate kultuuride järel. Teine võimalus on kasvatada vahekultuure koos põhikultuuriga või teha juba tärganud põldudele allakülv. Peale põhikultuuride koristamist jäetakse vahekultuur põllule kasvama hilissügiseni või kuni järgmise hooajani (Wanic jt. 2004, Šarūnaitė jt. 2010, Talgre jt. 2011).

Vahekultuurid mõjuvad positiivselt põllu tootlikkusele ja neid kasutatakse erinevate viljelusviisidega tootmises (Kordas jt. 2000). Vahekultuuridega saame tuua mulda lisatoitaineid põhikultuurile, et vähendada mineraalsete väetiste kasutamist. Vahekultuurid kaitsevad mulda, hoiavad umbrohtude taset madalal ja vähendavad taimekahjustajate arvukust. Vahekultuuride kasvatamine suurendab mikroobide arvukust mullas ja parandab saagi kvaliteeti (Płaza jt. 2007, Rinnofner jt. 2008, Askegaard jt. 2011, Wanic jt. 2012, Ulla jt. 2014).

Vahekultuuride kasvatamisega saame täiendada orgaanilise aine varu mullas ja mõjutada positiivselt veerežiimi. Samuti on neil positiivne mõju mulla keemilistele omadustele ja bioloogilisele aktiivsusele (Talgre ja Luik, 2018). Kasvatades talviseid vahekultuure, hoiame ära toitainete kao mullast ja parandame mullakvaliteeti. Olulist rolli mängib vahekultuuride kasvatamine maheviljeluses, kus sünteetiliste väetiste puudumise tõttu on oluline lämmastikuvaru säilitamine ja suurendamine mullas. Liblikõieliste vahekultuuridega saab suurendada lämmastikuvaru mullas, sest liblikõielised taimed seovad koostöös mügarbakteritega õhulämmastikku (Büchi jt. 2015). Seda lämmastikku saavad peale kündi kasutada põhikultuurid (Thorup- Kristensen jt., 2003). Oluline on valida kliimtingimustele

sobivad vahekultuurid. Sobilikud kultuurid peaksid olema kiire kasvuga, et moodustuks võimalikult suur biomass (Sarrantonio ja Gallandt, 2003).

### **1.1.1 Vahekultuuride kasvatamine segus**

Vahekultuuride kasvatamine segus aitab kaasa kasvatusriskide vähendamisele, sest kasvuajal võivad olla erinevad ilmastikutingimused, mis osadele kultuuridele ei sobi. Segus kasvatamine suurendab bioloogilist mitmekesisust ja mullakaetust, mis vähendab toitainete leostumist. Segude kasutamisel saame erineva kasvuajaga taimi kombineerides pikema kasvuperioodi ja suurema biomassi. Segude koostamisel jälgitakse, et see sisaldaks kõrrelisi, liblikõielisi ja ristõielisi taimi (Talgre ja Luik, 2018).

Pinnakatvuse parandamiseks kasvatatakse näiteks koos rukist ja mõnda liblikõielist. Sellise kooslusega saame suurema biomassi ja seome mulda lämmastikku (Talgre ja Luik, 2018). Uuringud näitavad, et liblikõielise ja mitteliblikõielise taimede segukülvis hakkavad nad üksteise kasvule kaasa aitama. Liblikõieline taim seob õhust lämmastikku, mida mitteliblikõieline taim saab kasutada juureritiste kaudu (Høgh- Jensen ja Schjoerring, 2001; Munroe ja Isaac, 2014). Talviste vahekultuuride segudesse saab lisada ka selliseid vahekultuure, mis ei talvitu. Sellised vahekultuurid hävivad külmade tulekuga, kuid enne seda aitavad kaasa mullaomaduste parandamisele (Talgre ja Luik, 2018).

Segude koostamisel tuleb arvestada liikide omavahelist kokkusobimist. Jälgima peab ka külvikorda, et näiteks ristõielised taimed ei oleks põllul liiga sageli (Talgre ja Luik, 2018). Ristõielisi taimi tohiks kasvatada põllul minimaalselt 5 aastaste vahedega, et vähendada nuutri laialdast levikut. Nuutri haigustekitaja poolestusaeg on 4 aastat (Wallenhammar, 1996). Segus võiks olla üsna mitu liiki, et talvine pinnakate kindlasti säiliks, kui mõni liik peaks hävima (Talgre ja Luik, 2018). Liigid, mis segusse valitakse, võiksid suurendada vastastikkust tõhusust ja olla erinevate omadustega. Näiteks tatar talub põuakartlikke muldi. Rukis sobib jällegi ka märjematele muldadele (Sepp, 2014).



Segudesse võiks kokku panna Lauringsoni ja Talgre soovitusel (Sepp, 2014):

1. Valge sinep, keerispea, suvivikk, tatar
2. Õlirõigas, hernes, tatar
3. Kesaredis, rukis, inkarnaatristik

Vahekultuuride külvamisel seguna tuleb kindlasti muuta ka külvisenormi. Liikide puhaskülvide vähendamine peaks olema proportsionaalne. Külvisenorm võiks olla pigem väiksem, et vähendada segu maksumust. (Sepp, 2014)

Segusse valitud liikidel võiksid olla ühtlased kõrgused, et vältida konkurentsi valguse pärast. Juhul kui lisada segusse madalama kasvuga taimi, siis peaksid need olema varjutaluvad. Segupartnerite juuresüsteemid peaksid üksteist täiendama ehk siis heintaimede juured vähendavad pinnalähedast tihenemist ja liblikõieliste juured, mis tungivad sügavamale, vähendavad tihenemist sügavamates mullakihtides. Kuna ristõieliste taimede kasv võib olla väga tugev, siis neid ei tohi olla segus liiga palju, et mitte takistada teiste liikide kasvu (Salon, 2012).

## **1.2 Vahekultuuride mõju**

Vahekultuuridel on positiivne mõju kultuuride tootlikkusele ja jätkusuutlikkusele ning need vähendavad põllumajandusliku tootmise keskkonnamõjusid. Põllumajandusliku produktiivsuse poole pealt on kasulikud mõjud: erosiooni vähendamine, leostumise vähendamine, suurem orgaanilise aine lisandumine mulda ja umbrohtude ja haiguste vähendamine. Vahekultuurid pakuvad elupaiku röövtoidulistele kasulikele putukatele, kes hävitavad kahjulikke putukaid ja seeläbi saab vähendada insektitsiidide kasutamist (Salon, 2012).

### 1.2.1 Mõju mullale

Vahekultuuride kasvatamisega saame mulla orgaanilise aine sisaldust suurendada (Boehm ja Anderson, 1997). Orgaanilise aine mulda viimine suurendab ka mulla huumusesisaldust, mis omakorda mõjutab positiivselt mulla struktuursust, veesidumisvõimest (Luik et al., 2014) ja ühtlasi väheneb mulla lasuvustihedus (Lauringson jt., 2009).

Orgaanilise aine lagundamisel toodavad mikroorganismid mulda ühendeid, mis ei lagune. Nendeks on erinevad vahad ja vaigud. Need ühendid ning veel mõned mikroorganismide toodetud jäägid aitavad mullaosakesi kokku kleepida ja seeläbi mullastruktuuri parandada. Hea struktuuriga mulda on hea harida, nad on hea õhusisaldusega ja kõrge vee filtreerimisvõimega. Mullaharimise käigus orgaaniline aine mineraliseerub ja vahekultuuride segude kasvatamine aitab orgaanikat taastada. Huumus, mis moodustub taimsete jäänuste ehk mulda viidud vahekultuuride jäänuste lagunemisel, on taimede jaoks väga oluline (Allison, 1973).

Mõnede vahekultuuride sügavale tungivad juured on väga efektiivsed muldade tihenemise vähendamisel ja mulla õhustamiseks. Austraalias tehtud katsetes käitusid lupiini juured nagu „looduslik ader“, mis tungisid läbi tihenunud mulla (Henderson, 1989). Vahekultuuride maapealne biomass ja juured kaitsevad mulda vihmapiiskade mõju eest, hoiavad mullaniiskust ja aeglustavad äravoolava vee kiirust, mis omakorda vähendab erosiooni (Justes jt., 2012).

Multš, mis tekib peale mehaaniliselt või keemiliselt hävitatud vahekultuuri otsekülvi tingimustes parandab vee maasseimbumist ja vähendab vee aurumist maapinnalt. Multš takistab mulla pinnale kooriku tekkimist ja vähendab erosiooni tekkimist vihmastel perioodidel. Mullaniiskuse säilitamine kuivadel perioodidel on suureks eeliseks. Katsed näitasid, et peale herbitsiidiga kõrvaldatud vahekultuuri, oli otsekülvi korral püsivalt kõrgem mullaniiskus võrreldes künnivariandiga (Blevins, 1971). Järeldati, et vähendatud aurumine ja suurem niiskusevaru multši all aitas taimedel üle elada lühikese põua ilma stressita (Sullivan, 2003).

### 1.2.2 Mõju mulla toitainete sisaldusele

Lämmastiku sidumine liblikõieliste taimede puhul on vahekultuuride üks põhilisi eesmärke. Seotud lämmastiku hulk sõltub kasvatatavast taimeliigist ja biomassi hulgast. Suurema biomassi eelduseks on õige külviaeg. Lisaks mõjutavad biomassi suurust veel ka ilmastikutingimused, milleks võib olla põud. Lämmastiku sidumisele mõjuvad positiivselt hea taimekasv, optimaalne mulla toitaainesisaldus ja pH, hea noodulite moodustumine ning optimaalne mulla niiskus. Taimejäänustest vabanenud lämmastikust on järgnevale kultuurile kättesaadav umbes 40- 60% taimes sisaldunud lämmastikust. Saagikuse kasvu võib peale liblikõielise vahekultuuri kasvatamist näha 2- 3 aastat (Piper, 1922).

Morgan jt. (1942) leidsid, et teraviljakultuurid vahekultuurina suudavad vähendada toitainete leostumist pealmisest mullakihist. Ilma taimkatteta muldadel on lämmastiku leostumist tõestanud mitmed teadlased. Weil jt. (1987) katsetulemustest selgub, et ilma taimkatteta mullast leostus 80- 150 kg N ha<sup>-1</sup> perioodil oktoober- märts.

Katsetulemustest selgub, et liblikõielised taimed on võimelised siduma kuni 206 kg lämmastikku, 144 kg kaaliumi ja 24 kg fosforit ha<sup>-1</sup> (Talgre jt., 2012). Süsinikku suudavad liblikõielised siduda aasta jooksul keskmiselt 3,8 t ha<sup>-1</sup> (Talgre jt., 2009). Taimejäänustest vabanevad lämmastik, fosfor ja kaalium kõige rohkem esimese 6 kuu jooksul. Selle ajaga vabaneb taimejäänustest 45% lämmastikku, 82% fosforit ja 89% kaaliumist. Toitainete vabanemine sõltub aastast ja taimeliigist. Aastaga vabaneb maapealsest biomassist kuni 83% fosforist (Soon ja Arshad, 2002; Rodriguez- Lizana jt., 2010). Kaaliumist vabaneb taimejäänustest mulda 77- 94%, kaaliumi vabanemist mõjutab sademete hulk (Rodriguez- Lizana jt., 2010).

Kui kasutatakse mineraalväetisi, mõjutavad vahekultuurid ka fosfori ringlust. Näiteks kui kasutati superfosfaati, siis olid vahekultuurid efektiivsed väheliikuva fosfori muutmises liikuvaks fosforiks ja liikuva fosfori osakaalu tõstmises mullas. Tasub aga tähele panna, et vahekultuuridest kõige suurema P omastamisvõimega kultuur kesaredis ei ole kõige efektiivsem fosfori labiilsuse muutmises. Kõige efektiivsemad fosfori labiilsuse muutmises on valge lupiin ja raihein. Fosfori järgnevale kultuurile kättesaadavaks tegemise poolest on kõige efektiivsem kultuur valge lupiin olenemata antavast fosforväetise tüübist (Soltangheisi jt., 2018)

### 1.2.3 Mõju mullaelustikule

Oluline põhjus, miks kasvatada vahekultuure on see, et need võimaldavad mikroobide kooslustele eluks vajalikke tingimusi luua sel ajal kui põhikultuur põllul ei kasva. Võib küll nõustuda sellega, et kesa perioodidel põldudel kasvavad umbrohud võimaldavad samuti mikroobidel mullas elada, kuid vahekultuure saab kasvatada valitud mikroobide koosluste tekitamiseks. Uurimistulemused näitavad, et erinevad vahekultuuride liigid mõjutavad erinevaid spetsiifilisi gruppe mikroorganismidest. Näiteks saab vahekultuuride kasvatamisega taastada erinevate seente populatsiooni mullas, mis intensiivselt majandatavates põllumajandusmuldades tavaliselt ei taha hästi areneda, mis omakorda panustavad mulla orgaanilise aine hulka ja parandavad mullaosakeste stabiilsust. Seetõttu on vahekultuuridel suurem mõju mikroorganismidele mullas, kui umbrohtudel. Finney (2017) andmetel on kõige tõhusamad mullaelustiku elavdajad kaer, rukis ja talivikk. Samas uuringus on ka selgunud, et erinevad seente kooslused reageerivad erinevatele taimedele. Näiteks arbuskulaarne mükoriisa on seotud kaera ja rukkiga ning talivikk on seotud mitte arbuskulaarse mükoriisaga. Tänu sellistele omadustele saab õigete vahekultuuride valimisega muuta mullaelustiku kooslusi, et parandada mullaomadusi (Finney jt. 2017). Vahekultuuride kasutamine suurendab ka mullas elavate bakterite arvukust (Schmidt et al. 2018)

Vahekultuuride kasvatamine soodustab ka vihmausside arvukuse tõusu (Reintam jt., 2014). Kuna vihmausside jaoks on oluline orgaanilise aine või varise sisaldus mullast (El Titi ja Upach, 1989), siis nende arvukus suureneb, kui viia mulda suurem kogus värsket orgaanilist ainet. Madalaim oli vihmausside arvukus katses, kus kasvatati teravilja monokultuurina. (Lauringson jt. 2009)

Vahekultuuridega külvikorras on täheldatud kasulike lüljalgsete putukate arvukuse suurenemist mullapinnal (Kruus jt. 2012). Kruusi jt (2012) andmetel leidis EMÜ külvikorra katsealal 59 liiki jooksiklasi ja liikide arv oli suurim katsevariantidel kus kasvatati vahekultuure haljasväetisteks.

#### 1.2.4 Mõju umbrohtumisele

Umbrohud kasvavad kõige meelsamini ilma taimikuta mullal, kultuuridest vabal perioodil. Vahekultuurid ei lase sellisel olukorral tekkida, konkureerides ruumi ja valguse pärast ning varjates mulda ja seeläbi muutes umbrohu taimede tärkamise raskemaks. Mulla kobestamine vahekultuuride poolt vähendab selliste umbrohtude kasvu, millele meeldib kasvada tihedas mullas. Mittelibliköieliste vahekultuuride, nagu rukis ja kesaredis, üks ülesandeid on umbrohu allasurumine. On olemas ka allelopaatiliste omadustega taimi, mida kasutatakse edukalt umbrohtude mahasurumiseks. Allelopaatilisi eritisi eritavad taimed lisavad mulda aineid, mis takistavad ja aeglustavad teiste taimede kasvu ja arengut (Sullivan, 2003). Allelopaatilise mõjuga taimede kasvatamine vahekultuuride segudes kasvatamine võib parandada umbrohtude allasurumisevõimet (Creamer ja Bennett, 1997). Näiteks ristöielised taimed sisaldavad glükosinolaate, millel on allelopaatiline mõju osadele taimedele. Suurema mõju saavutamiseks võiks kasvatada suurema glükosinolaatide sisaldusega sorte, näiteks valge sinep Braco ja õlirõigas Adios (Talgre ja Luik, 2018).

Kahes Eesti talus läbiviidud katsetest selgus, et vahekultuuride kasvatamine vähendab umbrohtude kasvu. Kõige suurem umbrohtude kasv oli alal, kuhu vahekultuure ei külvatud. Kõige väiksem umbrohtumus oli ühes talus rukki variandis ja teises talus rukis+ talivikk variandis. Vahekultuurid mõjutasid ka umbrohuliikide arvukust. Katses põhikultuurina kasvatatud kapsa saagikust vahekultuurid ei mõjutanud (Bender, 2019) Ka Eesti Maaülikooli läbiviidud katsetes on talirukkil kõige parem umbrohtude allasurumisevõime. Ilmselt on see seotud sellega, et rukki lagunemisel vabanevad fütotoksiinid, mis takistavad väikeseemneliste umbrohtude idanemist (Talgre ja Luik, 2018).

Lisaks umbrohtude arvukuse vähendamisele on vahekultuuridel mõju ka umbrohtude biomassile (Madsen jt., 2015). Väiksem arvukus ja biomass vähendavad ühtlasi ka umbrohuseemnete varu (Kuht jt., 2017). Kuht jt. (2017) katsetest selgus, et tavaviljeluse aladel, kus vahekultuure ei kasvatatud, oli mullas umbrohuseemnevaru 10% suurem kui mahealal. Kõige enam vähenes umbrohuseemnete varu herne alal (18- 20%), kus kasvatati talvise vahekultuurina rüpsi ja rukki segu.

### 1.2.5 Mõju kahjurputukatele

Lisaks positiivsele mõjule mullale, on vahekultuuride kasvatamine kasulik ka kahjurputukate arvukuse piiramiseks. Stabiilsed looduslikud kooslused koosnevad paljudest eri liikidest. Vahekultuuride kasvatamine suhteliselt monokultuursete põllukultuuride vahel loob külvikorda mitmekesisust. Sellistes ökosüsteemides, kus on rohkem liike, on mingite kahjurite massilised levikud haruldasemad, sest looduslikud kontrollmehhanismid hoiavad liikide populatsioonid tasakaalus. Erinevates piirkondades on märgatud kahjurputukate looduslike vaenlaste arvukuse suurenemist vahekultuuride kasvatamisel. Vahekultuurid võimaldavad leida elukohad ka inimese jaoks kasulikele putukatele, kes hävitavad kahjureid. Putukate arvukuse tõstmiseks võiks mulda ka võimalikult vähe harida. Vahekultuuride kõdukihist kolivad kasulikud putukad üle põhikultuurile, kui see kasvama hakkab. Kui põllumaa on enne põhikultuuri kasvamist mustkesa all, siis puuduvad seal kasulike putukate populatsioonid. Need jõuaksid sinna alles teatud aja pärast. Kui aga vahekultuuridel ja nende lagunevatel jäänustel on putukate populatsioonid juba olemas, siis liiguvad nad põhikultuuri kasvama hakkamisel kohe sinna (Sullivan, 2003).

Innovatiivsed põllumehed on teinud katsetusi külvates vahekultuurid ja põhikultuurid samale põllule kahjurite vähendamise eesmärgiga. Näiteks külvati puuvillataimede ribade vahele vahekultuurina lupiini. Tulemuseks on vähenenud insektitsiidide ja väetiste kasutamine. Eksperimenteerimisega alustati aastal 1993 ja juba paar aastat hiljem suurendati sellise viljelusega ala 10 kordselt. Puuvilla kasvatamine selles tootmistas nääb välja selline, et 10 päeva enne põhikultuuri külvamist, haritakse lupiiniga kaetud põllu sisse 35 cm laiused ribad, kuhu külvatakse puuvill. Need ribad töödeldakse ka herbitsiidiga. Ülejäänud ala jääb herbitsiididest puutumata. Allesjäänud lupiinid loovad putukatele eluks vajalikke tingimusi ja samal ajal takistavad ka umbrohtude kasvu (Dirnerger, 1995).

USA Georgia osariigis testiti ribakülvi meetodeid, kasutades talviseid vahekultuure. Üheks eesmärgiks oli insektitsiidide kasutamise vähendamine või lõpetamine. Katsepõllul õnnestus puuvilla kasvatada ilma insektitsiidideta, kui samal ajal oli lähedal asuvat ilma vahekultuurideta puuvillapõld, mida oli putukate tõrjeks vaja pritsida 8- 12 korda (Yancey, 1994).

### 1.2.6 Mõju taimehaigustele

Vahekultuurid mõjutavad mulla patogeene erinevalt. Ristõielised survestavad parasiitseid nematoode ja mullas levivaid haigusi, sest nad eritavad mulda glükosinolaate. Sudaanirohi, mis on sorgo sarnane kultuur, on tuntud samuti nematoodide arvukuse vähendamises aedsalati kasvatamisel. Nematoodide arvukuse vähenemist põhjustab sudaanirohu taimejäänuste lagunemisel eralduvad tsüanogeensed ühendid (Salon, 2012).

Vahekultuuridel võivad olla haigustekitajatele ka kaudsed mõjud. Juured vabastavad mulda erinevaid molekule (suhkruid, aminohappeid) (Börner, 1960). Kuigi need kogused ei ole suured mullaviljakuse muutmiseks, suurendavad need mikroobide arvukust mullas (Ladygina ja Hedlund, 2010). Suurenenud mikroorganismide aktiivsus mullas tänu eelnevatele kultuuridele, vähendab mullas levivaid kartuli haigusi (Larkin jt., 2010). Vahekultuuride sissekündmisel või muul viisil hävitamisel hakkab nende lagunemisel mulda eralduma ainevahetusjääke (metaboliidid), mis samuti suurendavad mikroobide arvukust ja vähendavad patogeenide hulka (Stark jt., 2008; Michel ja Lazzeri, 2011). Mõnikord võib aga suure koguse orgaanilise aine hulk mullas viia ka ajutisele haigustekitajate hulga suurenemisele (Hoitink ja Boehm, 1999). Orgaanilise aine kiire lagunemine mullast võtma suurel määral hapnikku ning seetõttu ei ole soovitatav sinna kohe põhikultuuri külvata (Kirkegaard, 2009). Paljud kõrrelised sisaldavad metaboliite, mis nende lagunemisel muutuvad toksilisteks aineteks (Widmer ja Abawi, 2002; Putman ja DeFrank, 1983). Mullas levivate patogeenide hulka vähendavad ka taimed, mis sisaldavad eeterlikke õlisid (Gwinn jt., 2010).

## 2. METOODIKA

### 2.1 Katseala kirjeldus

Katsed vahekultuuride segude uurimiseks viidi läbi 2018. ja 2019. aastal Põllumajandus- ja Keskkonnainstituudi katsepõllul Eerikal. Katses hinnati vahekultuuride biomassi suurust ja biomassi toitainete sisaldust. Katses kasutati üheksat erinevat vahekultuuride segu (tabel 1). Segud koostati erinevatest taimesugukondadest (liblikõielised, ristõielised, kõrrelised jm) põhimõttel, et igas segus oleks liblikõieline kultuur (lisakasu õhust seotud lämmastik). Liikidest võeti segudesse nii talvituvaid kui mittetalvituvaid liike. Eelviljaks oli 2018. aastal oli talioder ja 2019. aastal suvioder. Teravilja põhk purustati ja jäi põllule. Vahekultuuride külvi eelselt põld hariti kahvelfreesiga 7–8 cm sügavuselt. Vahekultuuride segud külvati katsekülvikuga kohe peale eelvilja koristust 2018. aastal 1. augustil ja 2019. aastal 6. augustil. Vahekultuuride biomassi suurus ja toitainete sisaldus määrati oktoobris vegetatsiooni perioodi lõpus.

Katsevariandid paiknesid kolmes korduses. Ühe katselapi suurus oli 20 m<sup>2</sup>.

**Tabel 1.** Vahekultuuride segud 2018. ja 2019. aastal.

	Segus kasutatud liigid	Külvisenorm kg/ha
Segu A	Talivikk	17
	Keerispea	3
	Talioder	30
Segu B	Aleksandria ristik	5
	Keerispea	3
	Talioder	30
Segu C	Kesaredis	2
	Aleksandria ristik	3
	Keerispea	3



Segu D	Hernes	30
	Keerispea	3
	Tatar	12
Segu E	Talivikk	10
	Kesaredis	2
	Keerispea	3
	Aleksandria ristik	2
Segu F	Aleksandria ristik	5
	Kaer	60
	Keerispea	3
Segu I	Talivikk	17
	Rukis	60
	Keerispea	3
Segu J	Kesaredis	2
	Kaer	30
	Aleksandria ristik	40
	Inkarnaatristik	5
Segu K	Talivikk	17
	Keerispea	3
	Tatar	12

Katsepõllul oli pruun kahkjas (näivleetunud) liivsavimuld (*Stagnic Luvisol*, WRB 2014 klassifikatsioon). Künnikihi tusedus katsealal oli 27–29 cm ja huumushorisoni keskmisesüsinikusisaldus 1,44 % (Tjurini meetodi järgi). Katsepõllu muld oli nõrgalt happeline ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,8–6,1). Katseala mulla toitainete sisaldus oli järgmine;  $\text{N}_{\text{üld}}$  0,13% (Kjeldahli meetodi järgi), P 128,5 mg kg<sup>-1</sup> ja K 134,0 mg kg<sup>-1</sup>.

## 2.2 Andmete kogumise ja analüüsi metoodika

Vahekultuuride biomass koguti kõikidel katselappidel oktoobri teisel poolel, kolmes korduses 0,25 m<sup>2</sup> raami abil.

Vahekultuurid sorteeriti liikide viisi, eraldati umbrohud ja peale seda kuivatati proovid 80°C juures konstantse kaaluni. Keemilised analüüsid taimede toitainete sisalduse määramiseks teostati Eesti Maaülikooli Mullateaduse õppetooli laboris. Taimse materjali proovid kuivatati õhkuivaks ja jahvatati. Saadud proovist määrati N, P, K, Ca, Mg ja C sisaldus.

Katseandmed töödeldi statistiliselt dispersioonanalüüsi (ANOVA) meetodil 95% usalduspiiri juures. Variantide vahelisteks võrdlusteks kasutati Fisher LSD testi.

Töös on vahekultuuride biomass esitatud kuivaine massina (KA kg ha<sup>-1</sup>).

### **2.3 Ilmastiku andmed**

Aastal 2018 iseloomustas vahekultuuride kasvuperioodi (august- oktoober) normist soojem ilm. Efektiivseid temperatuure kogunes 778,7 °C, mis on pikaajalisest keskmisest (514,8 °C) ligikaudu 250 kraadi võrra rohkem. Augustikuu keskmiseks õhutemperatuuriks mõõdeti Rõhul 20,8 °C, mis on Tartu- Tõravere meteoroloogiajaamas mõõdetud pikaajalisest keskmisest (17,4 °C) umbes 3 kraadi võrra soojem. Septembri esimesed nädalad olid samuti normaalsest tunduvalt soojemad, kuid viimasel dekaadil temperatuur langes ja oli normilähedane. Keskmise temperatuur (14,3 °C) oli pikaajalisest keskmisest (11,0 °C) umbes 3 kraadi võrra kõrgem. Oktoobri algus ja lõpp olid jahedamad, kuid kuu teisel dekaadil tõusis temperatuur normist (5,8 °C) umbes 6 kraadi võrra kõrgemale (11,5 °C) ning kuu keskmine (7,4 °C) kujunes seetõttu kaks kraadi pikaajalisest keskmisest (5,7 °C) kõrgemaks (tabel 1).

**Tabel 1.** Keskmise õhutemperatuur (°C) Rõhu katsejaamas aastatel 2018 ja 2019 august-oktoober võrrelduna Tartu- Tõravere meteoroloogiajaama pikaajaliste keskmistega (1964-2019)

Vahekultuuride kasvukuu	August			September			Oktoober		
Dekaad	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Õhutemperatuur (°C), 2018	22,6	17,9	16,3	18,2	14,7	9,9	8,4	11,5	2,9
Õhutemperatuur (°C), 2019	14,9	17,1	17,9	10,5	8,0	11,8	5,1	9,9	6,4
Õhutemperatuuri (°C) keskmine aastatel 1964-2019	17,4	16,0	14,8	13,1	10,9	9,2	7,7	5,8	3,8

2019 aasta vahekultuuride kasvuperiood (august- oktoober) kujunes kokkuvõttes samuti pikaajalisest keskmisest soojemaks, kuid oli siiski jahedam kui 2018 aasta vahekultuuride kasvuperiood. Efektiivseid temperatuure kogunes perioodil august- oktoober 591,3 °C, mis on pikaajalisest keskmisest (514,8 °C) 77 kraadi võrra rohkem, kuid 2018 aasta perioodist 187 kraadi võrra vähem (tabel 2).

**Tabel 2.** 2018 ja 2019 aasta august- oktoober efektiivsete temperatuuride summa (°C) Rõhul võrrelduna Tartu- Tõravere meteoroloogiajaama pikaajalise keskmisega (1964-2019)

Vahekultuuride kasvukuu	August	September	Oktoober	Kokku
Efektiivsete temperatuuride summa (°C), 2018	428,7	278,1	71,9	778,7
Efektiivsete temperatuuride summa (°C), 2019	305,7	203,9	81,7	591,3
Efektiivsete temperatuuride summa (°C), 1964-2019				514,8

Augusti esimese dekaadi keskmine temperatuur (14,9 °C) oli pikaajalisest keskmisest (17,4 °C) jahedam umbes 3 kraadi võrra. Kuu teine pool muutus aga soojemaks ning keskmine

temperatuur (16,7 °C) oli pikaajalisest keskmisest (16,0 °C) 0,7 kraadi kõrgem. Septembrikuu esimene dekaad oli keskmise temperatuuri (16,8 °C) poolest 3 kraadi soojem kui pikaajaline keskmine (13,1 °C). Kuu teine pool muutus aga jahedamaks ning kuu keskmine temperatuur (11,8 °C) oli pikaajalisest septembri keskmisest temperatuurist (11,0 °C) 0,8 kraadi soojem. Oktooberi teine ja kolmas dekaad kujunesid keskmisest soojemateks ning seetõttu oli kuu keskmine temperatuur (7,1 °C) pikaajalisest keskmisest temperatuurist (5,7 °C) umbes 1 kraad soojem (tabel 1).

Aastatel 2018 ja 2019 vahekultuuride kasvuperiood (august- oktoober) oli Rõhul sademete hulga poolest üsna sarnane. Erinev oli aga 2018. a. vahekultuuride kasvuperioodile eelnenud juuliku (14,0 mm sademeid), mis oli võrreldes 2019. a. juuliga (40,8 mm sademeid) umbes 3 korda kuivem. Seetõttu oli mullas juba eelnevalt niiskust vähem ja tekkis põud. Sademete hulk (mm) nii aastal 2018 (59,3 mm) kui 2019 (58,0 mm), oli augustis pikaajalisest keskmisest (77,4 mm) väiksem (tabel 3).

**Tabel 3.** Sademete hulk (mm) aastatel 2018 ja 2019 võrrelduna Tartu- Tõravere meteoroloogiajaam pikaajalise keskmisega (1964- 2019)

Vahekultuuride kasvukuu	August			September			Oktoober			
Dekaad	I	II	III	I	II	III	I	II	III	Sademete hulk kasvuperioodil
Sademete hulk (mm), 2018	2,3	38,2	18,9	17,0	12,7	42,4	26,3	0,5	28,4	186,7
Sademete hulk (mm), 2019	8,8	33,8	15,4	2,2	60,0	13,0	13,8	41,6	27,0	215,6
Sademete hulk (mm), 1964-2019	27,3	23,4	26,8	20,6	19,1	20,2	18,1	19,8	20,0	195,3

Septembrikuised sademete kogused olid 2018. a. (72,1 mm) ja 2019. a. (75,2 mm) pikaajalisest keskmisest (59,9 mm) suuremad. 2019. aasta oktoobris oli 55,3 mm sademeid, mis on üsna sarnane sademete kogus pikaajalise keskmisega (57,9 mm). 2019. aastal oli

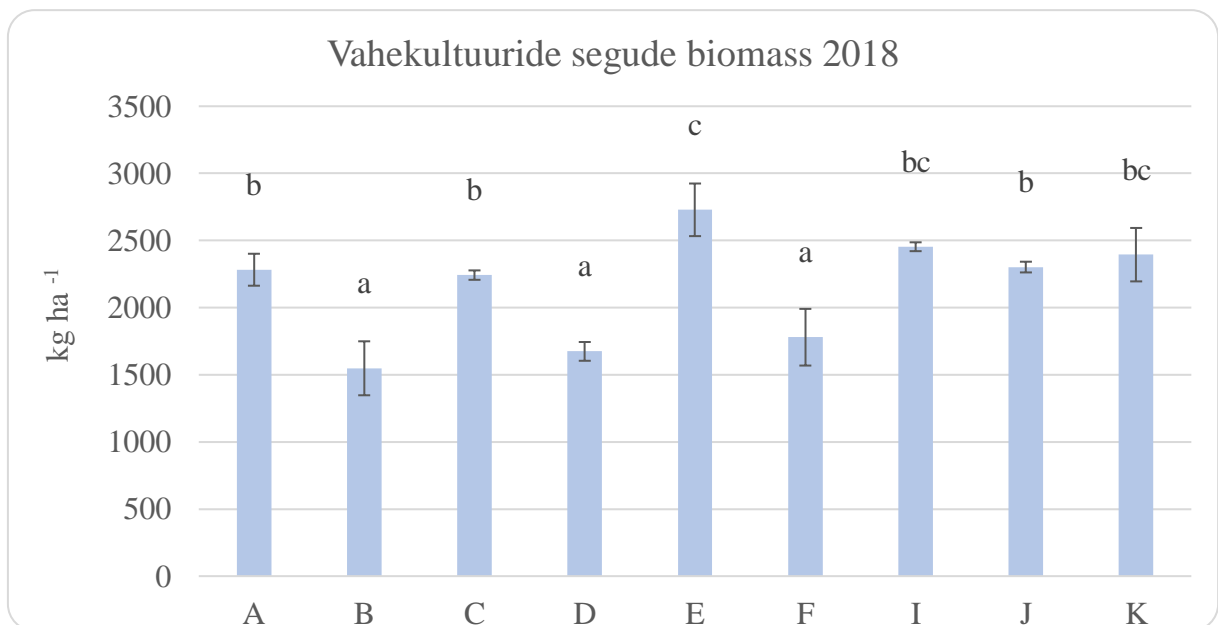
oktoobris pikaajalisest keskmisest (57,9 mm) ligikaudu 25 mm võrra rohkem sademeid(tabel 3).

### **3. UURIMISTÖÖ TULEMUSED JA ARUTELU**

#### **3.1 Vahekultuuride segude biomass aastatel 2018 ja 2019**

##### **3.1.1 Segude biomass aastal 2018**

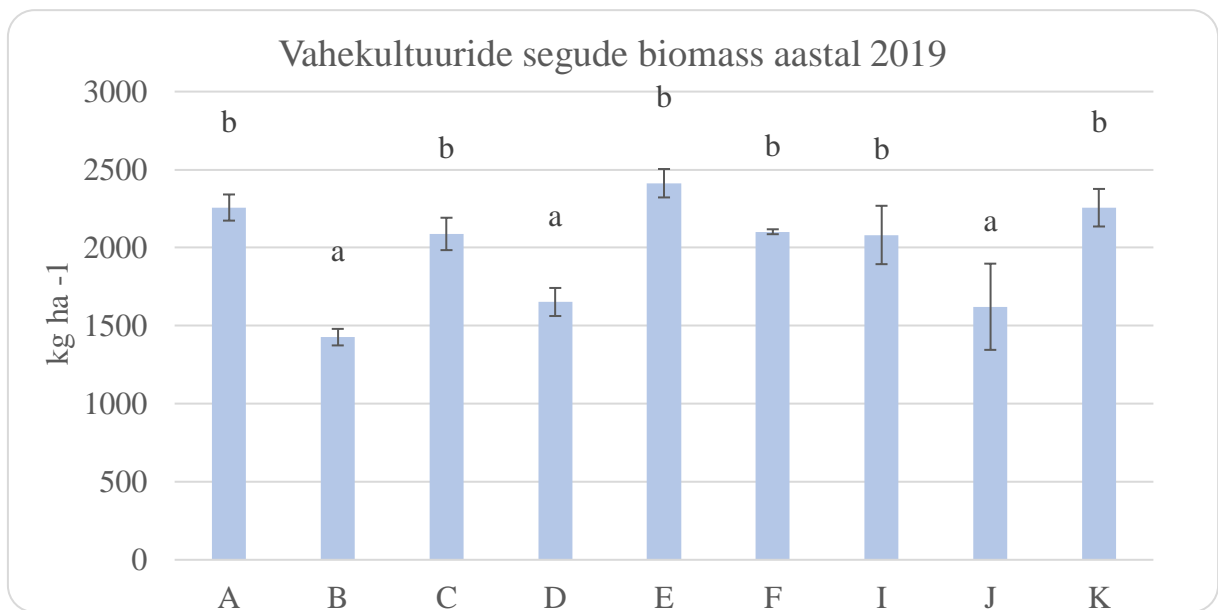
2018 aastal läbiviidud katsetest selgus, et kõige suurema biomassi moodustas segu E (talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik) ( $2728 \text{ kg ha}^{-1}$ ), kuid siiski pole sellel segul statistiliselt usutavat erinevust segudega I (talivikk, rukis, keerispea) ( $2454 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja K (talivikk, keerispea, tatar ( $2394 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (joonis 1). Segu E suurem biomass võib tuleneda sellest, et see sisaldas kesaredist, mis suutis ka teistes seda sisaldavates segudes moodustada suure biomassi. Kesaredis on kiiresti idanev ja seetõttu suudab moodustada suure biomassi ning ei jää seetõttu teiste kultuuride ja ka umbrohtude varju (Talgre ja Luik, 2018). Samuti koosnes segu E neljast erinevast liigist, mis vähendab vähese biomassi tekkimise riske. Ka on varasemad uuringud näidanud, et kui peaks olema mõne liigi jaoks ebasobivad kasvutingimused, siis segudes on biomassi moodustumine parem võrreldes üksikliikidega (Sepp jt, 2014). Näiteks ei sobinud 2018. a. vahekultuuride kasvuperiood aleksandria ristikule. Väheste sademete puhul on antud liigil raske mullast niiskust kätte saada, sest tema juur ei ulata sügavale (Talgre ja Luik, 2018). Segude A (talivikk, keerispea, talioder), C (kesaredis, aleksandria ristik, keerispea), J (kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik), I ja K biomassid ei olnud üksteisest statistiliselt erinevad, kuid segud A ( $2282 \text{ kg ha}^{-1}$ ), C ( $2242 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja J ( $2302 \text{ kg ha}^{-1}$ ) erinesid usutavalt kõige suurema biomassiga segust E. Segude B (aleksandria ristik, keerispea, talioder) ( $1548 \text{ kg ha}^{-1}$ ), D (hernes, keerispea, tatar) ( $1674 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja F (aleksandria ristik, kaer, keerispea) ( $1780 \text{ kg ha}^{-1}$ ) vahel statistiliselt usutavat erinevust ei olnud, kuid võrreldes teiste segudega olid need kolm kõige väiksema biomassiga (joonis 1).



**Joonis 1.** Vahekultuuride segude biomass 2018. a. (kg ha<sup>-1</sup>). Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust segude vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Vearibad joonisel tähistavad standardviga. Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

### 3.1.2 Segude biomass aastal 2019

2019. aastal andis kõige suurema biomassi saagi segu E (2413 kg ha<sup>-1</sup>), kuid see ei olnud siiski usutavalt erinev segudest A (2257 kg ha<sup>-1</sup>), C (2088 kg ha<sup>-1</sup>), F (2102 kg ha<sup>-1</sup>), I (2081 kg ha<sup>-1</sup>) ja K (2256 kg ha<sup>-1</sup>). Statistiliselt usutavalt madalam biomass oli segudel B (1427 kg ha<sup>-1</sup>), D (1652 kg ha<sup>-1</sup>) ja J (1621 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 2). Kõige väiksema biomassiga oli segu B (joonis 2), mis oli kõige väiksema biomassiga ka 2018 aasta katses (joonis 1).

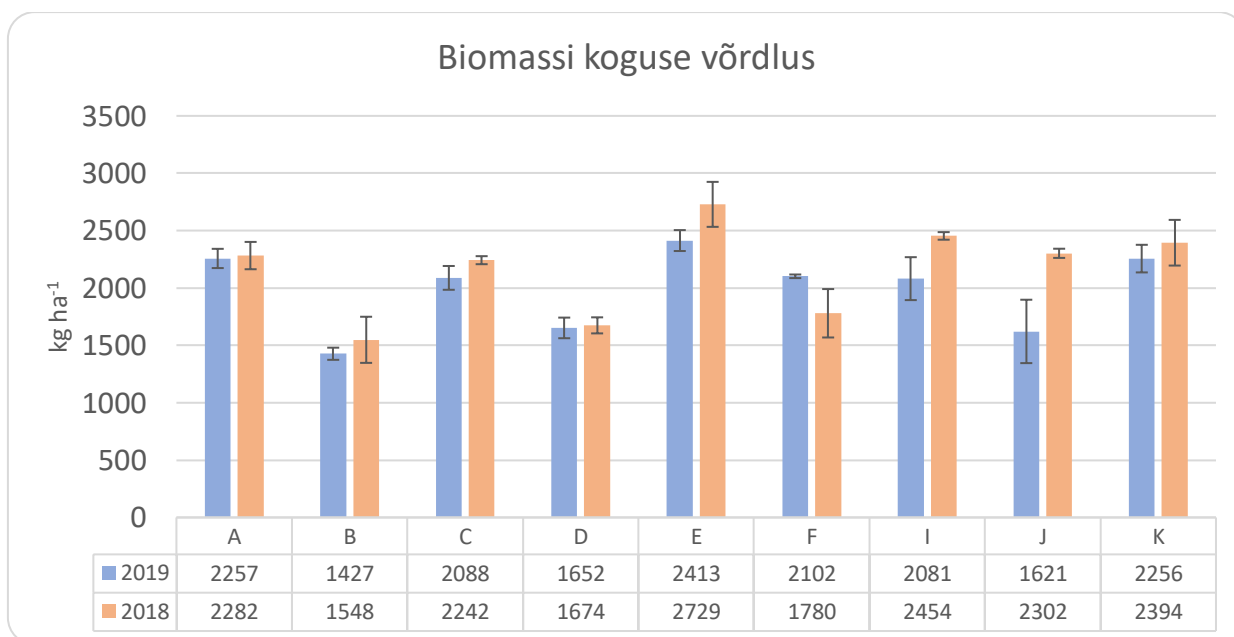


**Joonis 2.** Vahekultuuride segude biomass 2019. a. (kg ha<sup>-1</sup>). Erinevad tähed märgivad statistiliselt olulist erinevust segude vahel (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ). Vearibad joonisel tähistavad standardviga. Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.



### 3.1.3 2018. ja 2019. aasta katsete võrdlus

2018. aastal olid biomassi keskmised saagikused katsete põhjal enamasti suuremad kui 2019. aastal (joonis 3). 2018. aasta segude suuremat biomassi kogust võiks põhjendada sellega, et efektiivseid temperatuure kogunes 2018. aasta vahekultuuride kasvuperioodil umbes 250 kraadi võrra rohkem (tabel 2). Ka Talgre jt. (2011) katsetest selgus, et kõige suurema efektiivsete temperatuuride summaga kasvuperioodil moodustus ka kõige suurem biomass. Põhjuseks võib olla ka see, et 2018. aastal külvati vahekultuurid viis päeva varem kui 2019. aastal. Toom jt. (2019) leidsid, et hilinenud külvide puhul moodustasid erinevad vahekultuuride liigid vähem biomassi. Näiteks aastal 2017 vähenes tatra biomassi saak 32% võrra, kui külvati viis päeva hiljem ning 70%, kui külvati 15 päeva hiljem. Ainukese seguna oli 2019. aastal suurem biomass segul F (joonis 3). Segu F suuremat biomassi 2019. a. võiks põhjendada sellega, et see sisaldas liike, millel ei ole väga sügavat juurestikku ja 2018 aasta vahekultuuride kasvuperiood (186,7 mm sademeid) osutus kuivemaks kui 2019. aasta kasvuperiood (215,6 mm sademeid) ning seetõttu oli mittesügavaleulatuvate juurtega liikidel raske mullast niiskust kätte saada. Nii aleksandria ristiku kui ka kaera juur ei tungi sügavale mulda (Talgre ja Luik, 2018) (joonis 3).



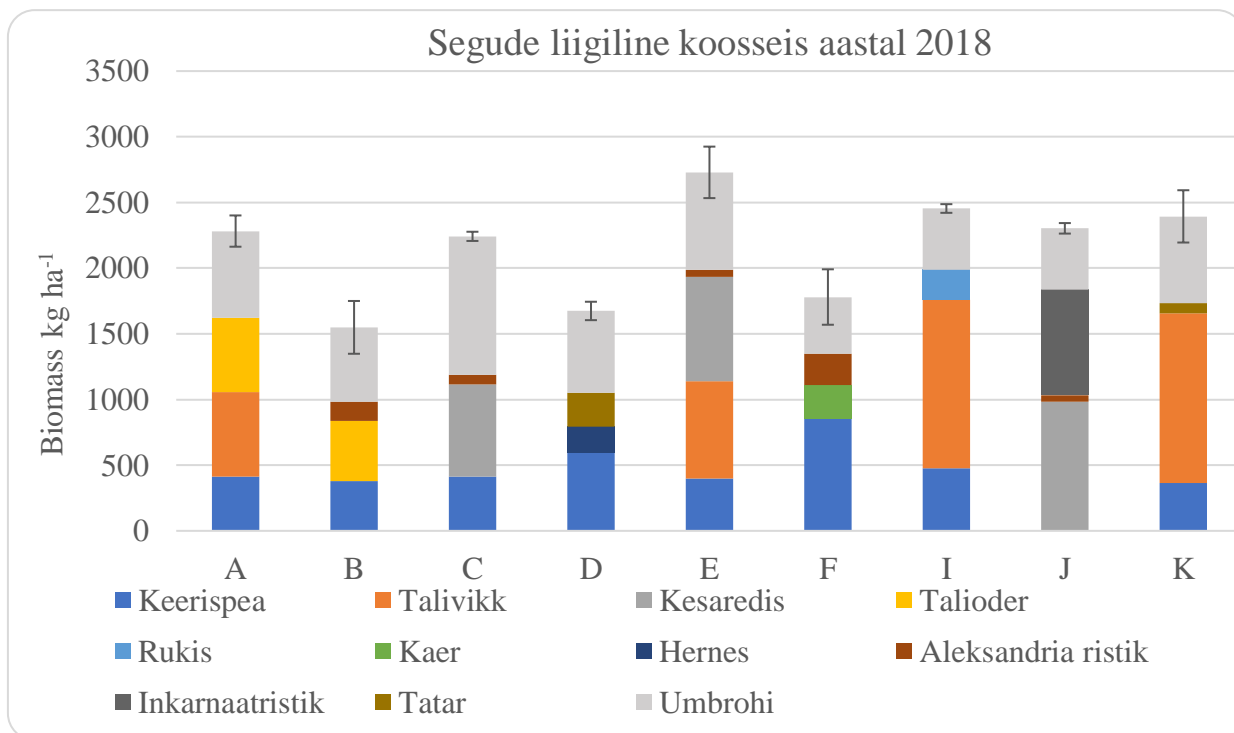
**Joonis 3.** 2018. ja 2019. aasta biomassid ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Vearibad joonisel tähistavad standardviga. Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea,

talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

Üldiselt oli segude biomasside suurus mõlemal aastal üsna sarnane. Erinevused jäid 373 kg piiresse. Ainuke segu, mille erinevus kahe aasta vahel oli suurem, oli segu J. 2018. aasta biomassi saagikus oli segu J puhul 681 kg ha<sup>-1</sup> võrra suurem kui 2019. aasta oma (joonis 3). Erinevus tulenes peamiselt sellest, et 2018 aasta katses suutis inkarnaatristik moodustada 807 kg ha<sup>-1</sup> biomassi ning 2019 aasta katses vaid 108 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 4 ja 5).

### **3.2 Vahekultuuride segude liigiline koosseis aastatel 2018 ja 2019**

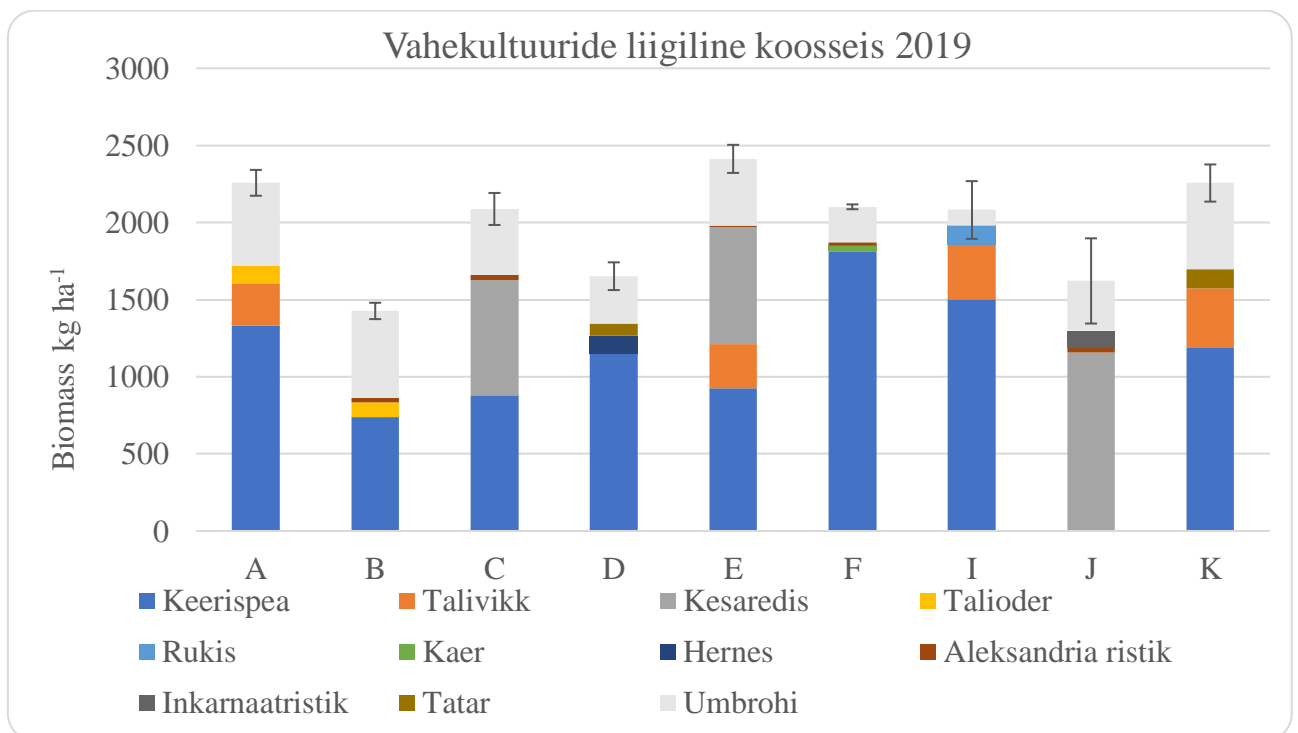
Keerispea biomass oli 2018. aasta katsetes üldiselt üsna sarnane, kuid kõige suurem oli see segus F (858 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 4). Segus F olid keerispea segupartneriteks kaer ja aleksandria ristik. Aleksandria ristik ei pakkunud oma nõrga kasvuga keerispeale suuremat konkurentsi (Talgre ja Luik, 2018). Keskmise keerispea biomass katsetes jäi 487 kg ha<sup>-1</sup> juurde. Taliviki biomass katsetes jäi sarnaseks segudes A (640 kg ha<sup>-1</sup>) ja E (739 kg ha<sup>-1</sup>) ning segudes I (1282 kg ha<sup>-1</sup>) ja K (1291 kg ha<sup>-1</sup>). Keskmiseks taliviki biomassiks kujunes 2018. aastal 988 kg ha<sup>-1</sup>. Kesaredise biomass oli kolmest seda sisaldavast segust (segu C 704 kg ha<sup>-1</sup> ja segu E 797 kg ha<sup>-1</sup>) kõige suurem segus J (982 kg ha<sup>-1</sup>). Taliotra biomassi kogus oli suurem segus A (569 kg ha<sup>-1</sup>) kui segus B (459 kg ha<sup>-1</sup>). Rukki biomass segus I oli 228 kg ha<sup>-1</sup>, mis on küllaltki vähe, sest Toom jt (2019) katsetes on rukki biomass olnud puhaskülvis ka 1188 kg ha<sup>-1</sup>. Kaera biomass oli segus F 250 kg ha<sup>-1</sup>. Herne biomassi saak segus D oli 198 kg/ha. Aleksandria ristikut kasvatati viies segus. Kõige suurem aleksandria ristiku biomass oli segus F (240 kg ha<sup>-1</sup>) ning kõige väiksem segus J (49 kg ha<sup>-1</sup>). Inkarnaatristikut sisaldas ainult segu J ning selle biomass oli seal 807 kg ha<sup>-1</sup>. Tatart kasvatati kahes segus. Biomassi saak segus D oli 262 kg ha<sup>-1</sup> ning segus K oli biomassi saak vaid 77 kg ha<sup>-1</sup>. Umbrohtude biomassi poolest oli kõige suurem segu C (1052 kg ha<sup>-1</sup>), kus umbrohtude biomass moodustas 47% kogu segu biomassist. Kõige väiksem umbrohu biomass oli segus F (432 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 4).



**Joonis 4.** 2018. aasta vahekultuuride segude liigilise koostise võrdlus ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Vearibad joonisel tähistavad standardviga. Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

Keerispea biomass on 2019. aasta katses olnud kõige suurem segus F ( $1812 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ning kõige väiksem segus B ( $739 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Keskmise keerispea biomass seda sisaldavates segudes oli  $1191 \text{ kg ha}^{-1}$ . Keerispea suur biomass segus F tuleneb sellest, et segupartneriteks olnud aleksandria ristik ja kaer jäid konkurentsile alla (joonis 5). Kogu segu F biomassist moodustas keerispea 89%. Keerispea on selles segus saavutanud peaaegu sama võimsa massi kui puhaskülvides, kus biomassi saagikus võib ulatuda kuni  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  (Talgre ja Luik, 2018). Taliviki kõige suurem biomass oli segus K ( $384 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Kõige väiksema biomassi kasvatas talivikk segus A, kus see oli  $268 \text{ kg ha}^{-1}$ . Keskmise taliviki biomass oli katsetes  $323 \text{ kg ha}^{-1}$ . Kesaredise biomass oli 2019. aastal suurim segus J ( $1157 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (joonis 5), kus kesaredis domineeris liikide hulgas, moodustades kogu segu J biomassist 71%. Taliotra biomass oli segus  $116 \text{ kg ha}^{-1}$  ja segus B  $95 \text{ kg ha}^{-1}$  ning keskmiseks biomassi koguseks kujunes  $105 \text{ kg ha}^{-1}$ . Rukki biomass segus I oli  $128 \text{ kg ha}^{-1}$  (joonis 5), mis moodustas kogu segu biomassist kõigest 6%. Kaera biomass segus F ( $39 \text{ kg ha}^{-1}$ ) jäi samuti väikseks ning moodustas kogu

segu biomassist vaid 2%. Segus D kasvanud herne biomassi saagiks oli 115 kg ha<sup>-1</sup>. Aleksandria ristiku biomass oli suurim segudes C ja J, kus biomassi suuruseks oli 32 kg ha<sup>-1</sup>. Väikseim biomass oli segus E (9 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 5), kus see moodustas vaid 0,4% kogu segu biomassist. Inkarnaatristiku biomassiks segus J oli 108 kg ha<sup>-1</sup>. Tatra biomass oli kahest seda sisaldavast segust suurem segus K (125 kg ha<sup>-1</sup>) ning väiksem segus D (kg ha<sup>-1</sup>). Umbrohtumus oli kõige suurem segudes B ja K (vastavalt 565 ja 560 kg ha<sup>-1</sup>). Kõige väiksem umbrohtumus oli segus I (100 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 5).



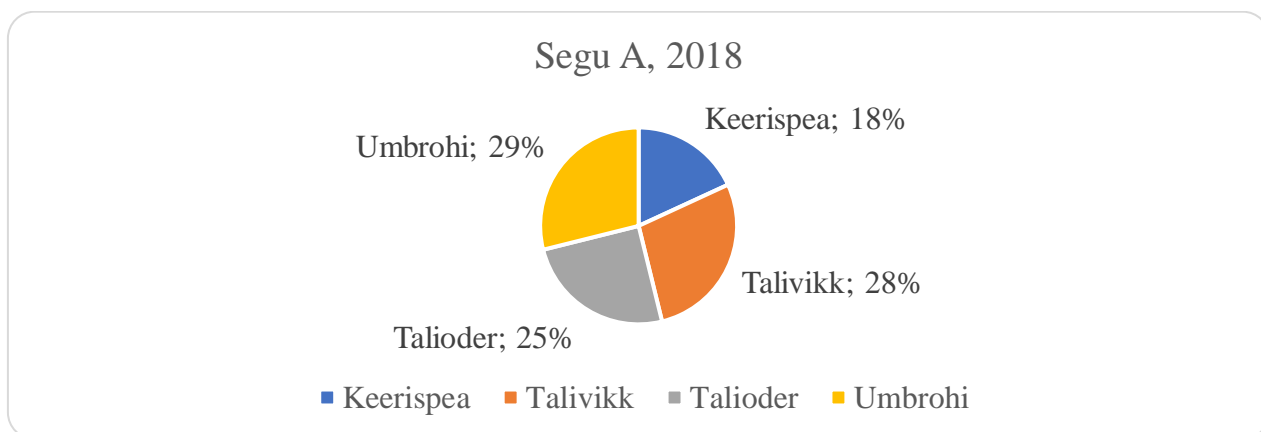
**Joonis 5.** 2019. aasta vahekultuuride segude liigiline võrdlus (kg ha<sup>-1</sup>). Vearibad joonisel tähistavad standardviga. Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

2019. aastal moodustus keerispeal suurem biomass kui 2018. aastal (vastavalt 9524 ja 3897 kg ha<sup>-1</sup>). Keskmise keerispea biomass aastal 2018 oli 487 kg ha<sup>-1</sup> ning aastal 2019 1191 kg ha<sup>-1</sup>. Seega oli aasta 2019 kasvuperiood keerispea kasvuks soodsam- kõikides segudes, kus

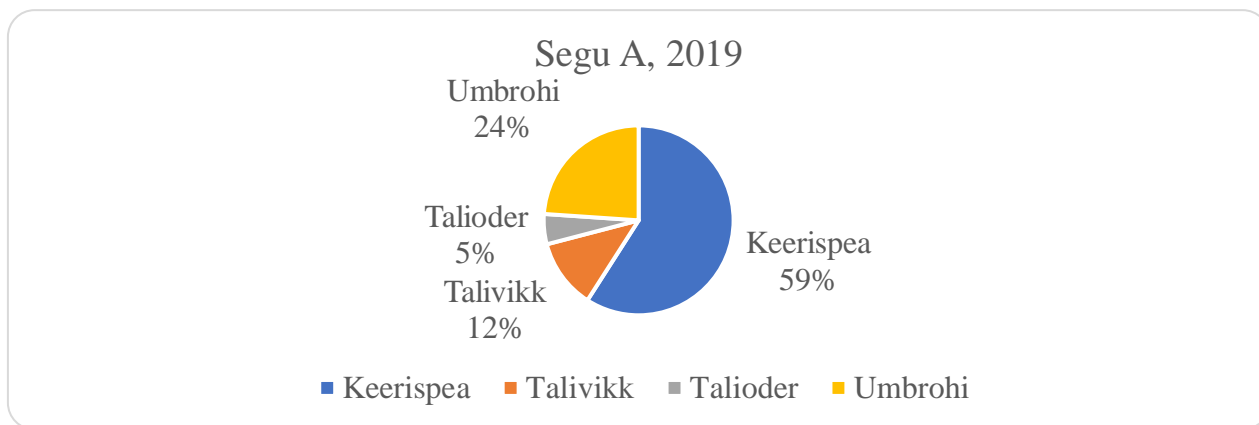
keerispea oli sees, moodustas see suurema biomassi kui teised liigid. Taliviki biomass oli 2018. aastal katsete peale kokku 3952 kg ha<sup>-1</sup> ning 2019. a. 1291 kg ha<sup>-1</sup>. Taliviki jaoks oli soodsam aasta 2018. Keskmine taliviki biomassi saak 2018. aasta katsetes oli 988 kg ha<sup>-1</sup> ning 2019. aasta katsetes 323 kg ha<sup>-1</sup>. Kesaredise biomasside puhul nii suuri erinevusi ei tekkinud, 2018. aasta biomass oli katsete peale kokku 2483 kg ha<sup>-1</sup> (keskmine 828 kg ha<sup>-1</sup>) ning 2019. aastal 2668 kg ha<sup>-1</sup> (keskmine 889 kg ha<sup>-1</sup>). Saab järeldada, et keerispea aktiivsem kasv kesaredist ei mõjutanud, sest kesaredisel on kiire idanemine ja kasv ning suur ja sügavamatesse mullakihtidesse tungiv juur (Sepp jt., 2018). Taliodra jaoks oli parem kasvuaasta 2018, kui keskmine biomass oli 514 kg ha<sup>-1</sup>, 2019. aastal oli keskmiseks biomassiks 105 kg ha<sup>-1</sup>. Rukki biomass jäi mõlemal aastal üsna tagasihoidlikuks. 2018. aastal oli biomassi hulk 228 kg ha<sup>-1</sup> ning 2019. aastal 128 kg ha<sup>-1</sup>. Rukki tagasihoidliku biomassi segus I põhjustasid tugevad konkurendid keerispea ja talivikk. Kaera biomassi saak oli 2018. aastal 250 kg ha<sup>-1</sup> ning 2019. aastal oli see 39 kg ha<sup>-1</sup>. 2019 aasta biomass jäi tunduvalt väiksemaks, sest oli soodne aasta keerispea kasvuks ja see muutus segus rohkem domineerivamaks. Ka herne saagikus oli 2019. aastal väiksem samal põhjusel. 2018 aasta herne biomass oli 198 kg ha<sup>-1</sup> ning 2019. aastal 115 kg ha<sup>-1</sup>. Aleksandria ristiku kogu biomassi saak katsevariantide summana oli suurem 2018. aastal (562 kg ha<sup>-1</sup>). 2019. aasta biomass oli ligi viis korda väiksem (120 kg ha<sup>-1</sup>). Keskmine biomassi hulk 2018. aastal oli 112 kg ha<sup>-1</sup> ning 2019. aastal 24 kg ha<sup>-1</sup>. Inkarnaatristikule sobis samuti 2018. aasta rohkem kui segus J oli biomassi hulk 807 kg ha<sup>-1</sup>. 2019. aastal jäi biomass väiksemaks (108 kg ha<sup>-1</sup>). Seega võib järeldada, et 2018. aasta oli ristikute ja ka teiste liblikõieliste jaoks katses olnud segudes sobivam. Tatar saavutas kahe segu peale kokku suurema biomassi 2018. aastal (339 kg ha<sup>-1</sup>). 2019. aastal oli tatra biomass (204 kg ha<sup>-1</sup>). Umbrohtumus oli katsete peale suurem aastal 2018, kui umbrohtude biomass kõigi katsete peale oli 5663 kg ha<sup>-1</sup>. 2019. aastal oli umbrohtude biomass 3491 kg ha<sup>-1</sup>. 2018. aasta suuremat umbrohtumust põhjustas liigne kuivus kasvuperioodi algul, sest kultuurtaimede kasv ei olnud piisavalt kiire ja seetõttu said suuremat biomassi arendada ka umbrohud (joonis 4 ja 5).

### 3.3 Segus olnud liikide biomassi osakaal aastatel 2018 ja 2019

Segu A biomassi saak kujunes mõlemal aastal üsna sarnaseks. 2018. aastal 2282 kg ha<sup>-1</sup> ja 2019. aastal 2257 kg ha<sup>-1</sup>. Liikide biomassid erinesid aastati üsna palju. 2018. aastal olid liigid biomassi saagi osakaalu poolest võrdsemad. 2019. aastal keerispea osakaal suurenes ja teiste liikide osakaal oli seetõttu väiksem. Umbrohu osakaal biomassist jäi sarnaseks. Kui keerispea moodustas 2018. aastal biomassiga 414 kg ha<sup>-1</sup> segust 18%, siis 2019. aastal oli keerispea biomass suurem (1333 kg ha<sup>-1</sup>), moodustades segu biomassist 59%. Taliviki osakaal oli 2018. aastal 28% (640 kg ha<sup>-1</sup>) ning aastal 2019 12% (268 kg ha<sup>-1</sup>) ehk osakaal vähenes 16% võrra. Kui talioder moodustas 2018. aastal segust 25% (569 kg ha<sup>-1</sup>), siis 2019. aastal vaid 5% (116 kg ha<sup>-1</sup>). Tema osakaal vähenes 20%. Umbrohu osakaal segus oli 2018. aastal 29% (659 kg ha<sup>-1</sup>) ning 2019. aastal vähenes see 25%-ni (540 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 6 ja 7).

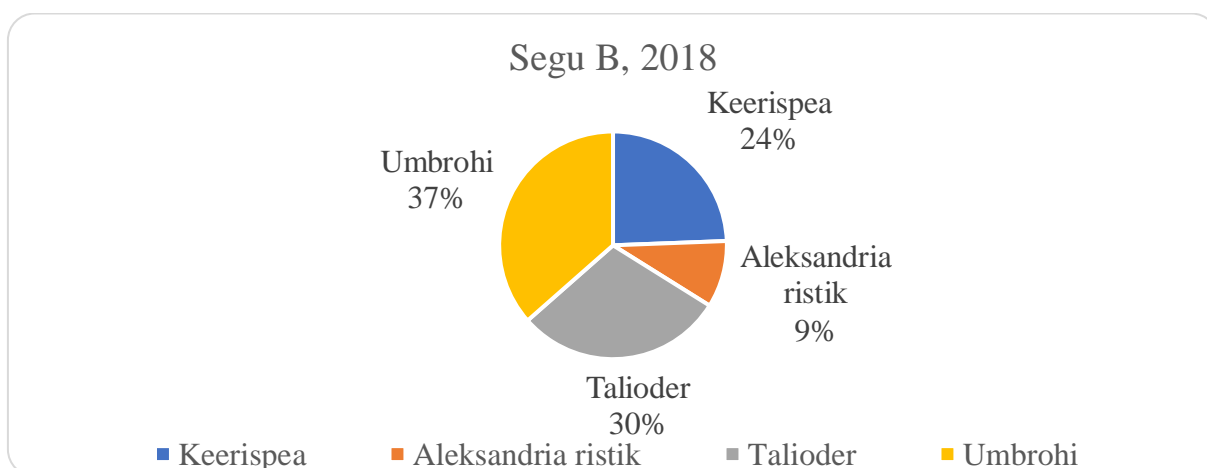


**Joonis 6.** Segu A (talivikk, keerispea, talioder) liigiline koosseis aastal 2018 (kg ha<sup>-1</sup>)

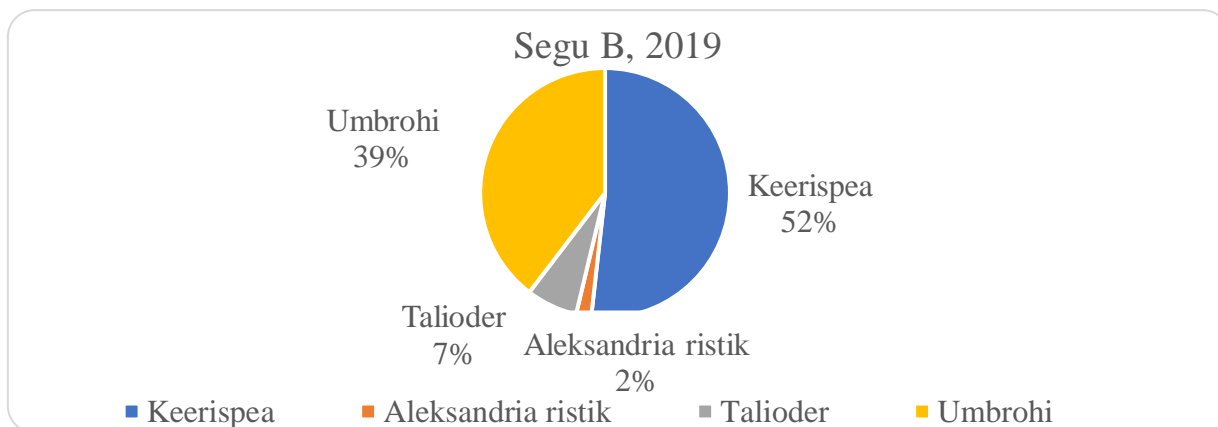


**Joonis 7.** Segu A (talivikk, keerispea, talioder) liigiline koosseis aastal 2019 (kg ha<sup>-1</sup>)

Segu B biomass oli mõlemal katseaastal kõige väiksem, olles 2018. aastal 1548 kg ha<sup>-1</sup> ja 2019. aastal 1427 kg ha<sup>-1</sup>. Biomass oli 2019. aastal väiksem kui 2018. aastal. Keerispea moodustas 2018. aastal segust 24% (378 kg ha<sup>-1</sup>), aлександria ristik 9% (147 kg ha<sup>-1</sup>) ja talioder 30% (459 kg ha<sup>-1</sup>). 2019. aasta oli keerispea jaoks soodne ning see moodustas kogu biomassist 52% (739 kg ha<sup>-1</sup>). Teiste liikide osakaal segus langes. Aleksandria ristik moodustas kogu biomassist vaid 2% (28 kg ha<sup>-1</sup>) ja talioder 7% (95 kg ha<sup>-1</sup>). Umbrohu osakaal oli suurem aastal 2019 (40%), kui see oli suurim ka 2019. aasta katsete hulgas. 2018. aastal oli umbrohu osakaal segust 37% (joonis 8 ja 9).



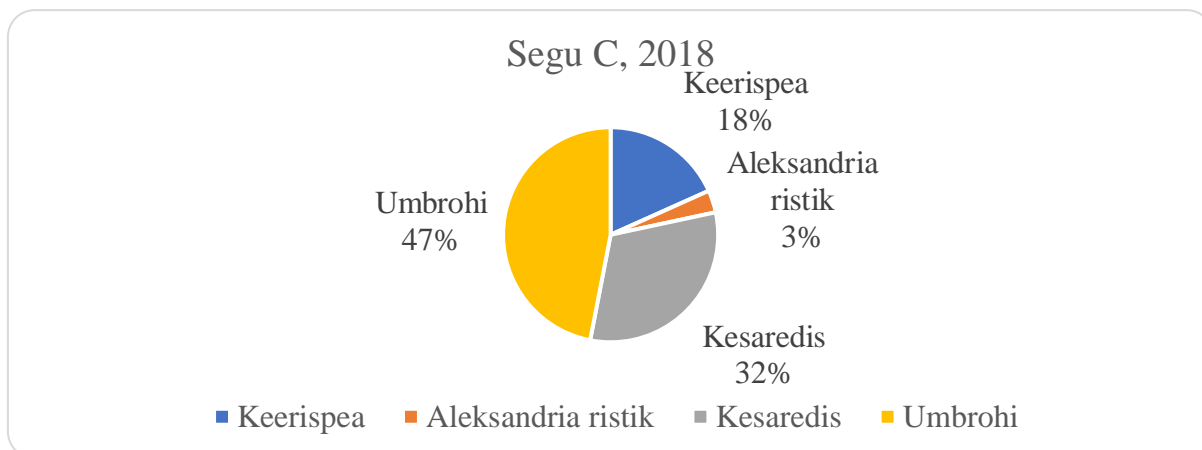
**Joonis 8.** Segu B (aleksandria ristik, keerispea, talioder) liigiline koosseis aastal 2018 (kg ha<sup>-1</sup>)



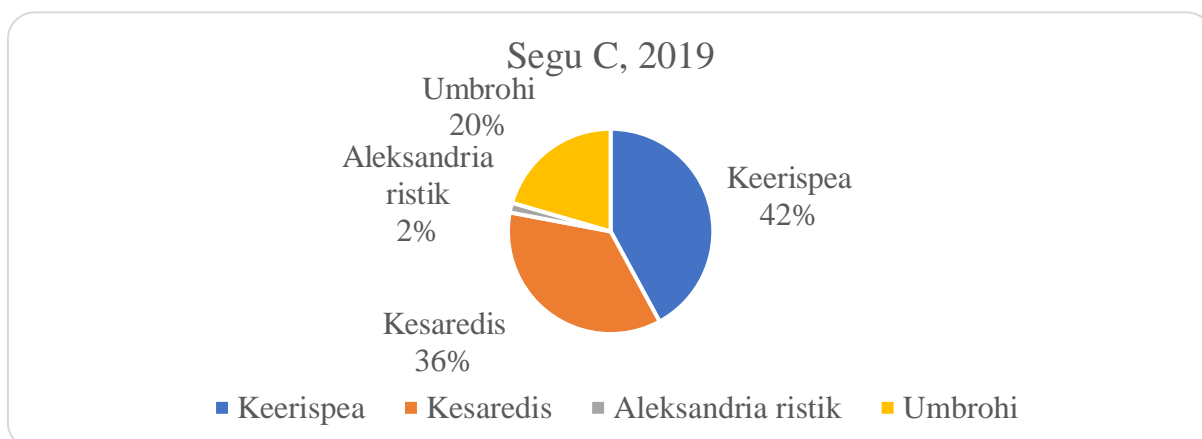
**Joonis 9.** Segu B (aleksandria ristik, keerispea, talioder) liigiline koosseis aastal 2019 (kg ha<sup>-1</sup>)

Segu C biomass oli suurem aastal 2018 (2242 kg ha<sup>-1</sup>), 2019. aasta biomass oli 2088 kg ha<sup>-1</sup>. 2018. aastal oli sellel segul teiste variantidega võrreldes suurim umbrohu osakaal, kui see moodustas 47% (1052 kg ha<sup>-1</sup>) kogu segu biomassist. 2019. aastal oli umbrohu osakaal 27% võrra väiksem ehk 20% (428 kg ha<sup>-1</sup>). Keerispea osakaal suurenes aastal 2019 24% võrreldes 2018. aastaga. 2018. aastal oli keerispea osakaal 18% (410 kg ha<sup>-1</sup>) ja 2019. aastal 42% (879 kg ha<sup>-1</sup>). Aleksandria ristiku biomass oli 2018. aastal 3% (75 kg ha<sup>-1</sup>) ja 2019. aastal 2% (32 kg ha<sup>-1</sup>). Kesaredise biomassi osakaal jäi mõlema aasta puhul samuti üsna sarnaseks olles 2018. aastal 31% (704 kg ha<sup>-1</sup>) ja 2019. aastal 36% (749 kg ha<sup>-1</sup>). Seega tulenes 2019. aasta keerispea biomassi osakaalu suurenemine selles segus umbrohtumuse vähenemise arvelt (joonis 10 ja 11).





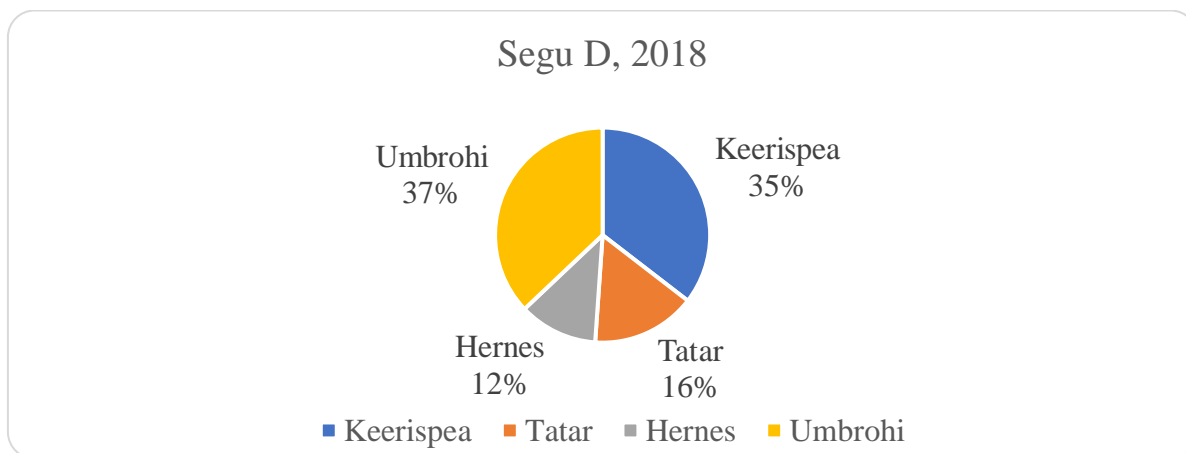
**Joonis 10.** Segu C (kesaredis, aleksandria ristik, keerispea) liigiline koosseis aastal 2018 (kg ha<sup>-1</sup>)



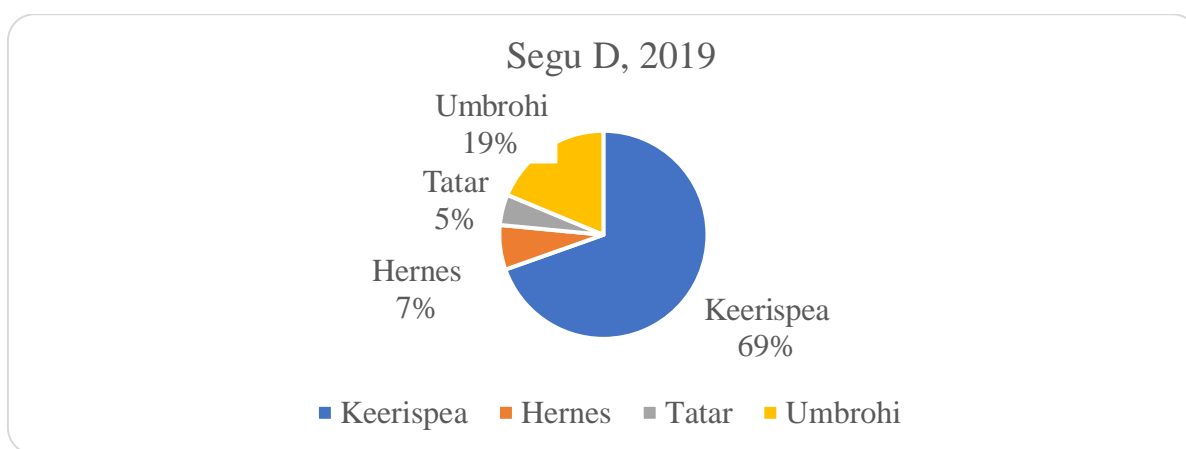
**Joonis 11.** Segu C (kesaredis, aleksandria ristik, keerispea) liigiline koosseis aastal 2019 (kg ha<sup>-1</sup>)

Segu D biomassid olid mõlemal aastal sarnased. 2018. aastal oli biomass 1674 kg ha<sup>-1</sup> ja 2019. aastal oli see 1652 kg ha<sup>-1</sup>, seega natuke suurem oli see 2018. aastal. 2018. aasta katses oli suurem umbrohtumus kui umbrohud moodustasid segu biomassist 37 % (620 kg ha<sup>-1</sup>). 2019. aastal oli umbrohtude osakaal 19% (309 kg ha<sup>-1</sup>), mis on 18% võrra väiksem. Keerispea biomassi osakaal suurenes 2019. aastal ka selles segus. Kui 2018. aastal oli keerispea osakaal 35% (593 kg ha<sup>-1</sup>), siis 2019. aastal oli see 70% (1149 kg ha<sup>-1</sup>)- osakaal suurenes poole võrra. Tatar moodustas biomassist 2018. aastal 16% (262 kg ha<sup>-1</sup>) ja 2019. aastal vähenes osakaal 5 %-ni (79 kg ha<sup>-1</sup>). Herne biomassi osakaal vähenes samuti 2019.

aasta katses. 2018. aastal oli see 12% ( $198 \text{ kg ha}^{-1}$ ) kogu biomassist ning aastal 2019 7% ( $115 \text{ kg ha}^{-1}$ ) biomassist (joonis 12 ja 13).



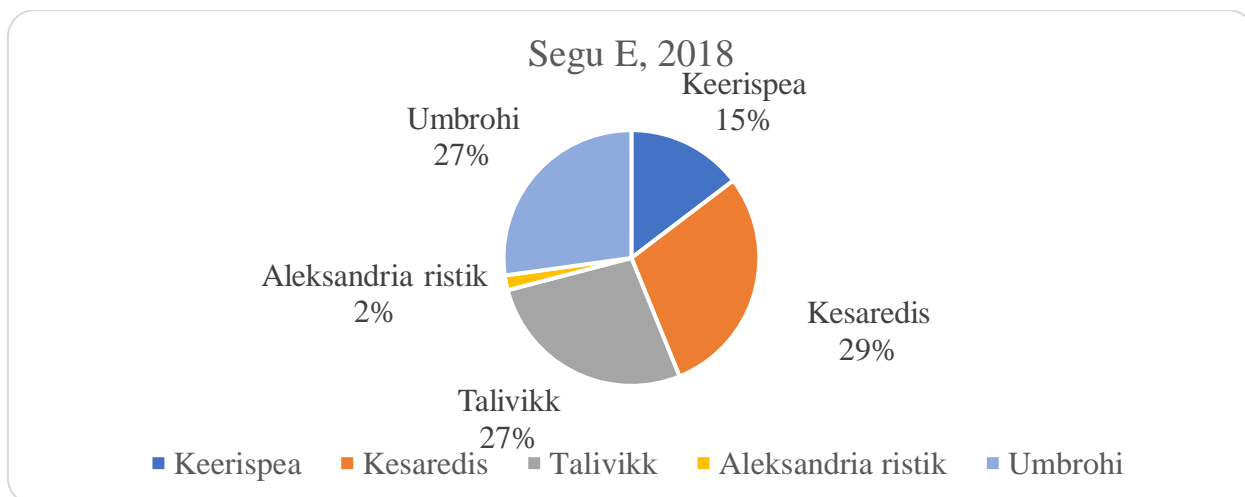
**Joonis 12.** Segu D (hernes, keerispea, tatar) liigiline koosseis aastal 2018 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )



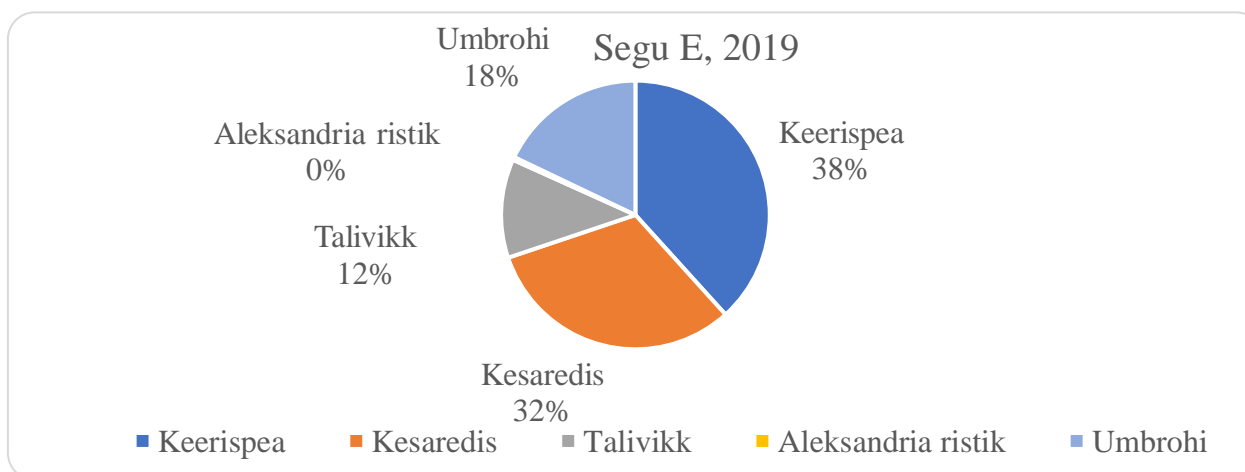
**Joonis 13.** Segu D (hernes, keerispea, tatar) liigiline koosseis aastal 2019 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Segu E moodustas mõlema aasta katsete seas kõige suurema biomassi. 2018. aastal kujunes selleks  $2729 \text{ kg ha}^{-1}$  ja 2019. aastal  $2413 \text{ kg ha}^{-1}$ . Põhjuse võib olla selles, et segus olid koos kõige suurema biomassi moodustamisvõimega liike. 2018. aastal moodustas segu biomassist 15% ( $400 \text{ kg ha}^{-1}$ ) keerispea, 2019. aastal suurenes see 38%-ni ( $924 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Kesaredise biomassi osakaal oli 2018. aastal 29% ( $797 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ning hoolimata keerispea osakaalu suurenemisest, suurenes kesaredise biomass 2019. aastal 32%-ni ( $761 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Talivikk,

mille biomass moodustas 2018. aastal 27% ( $739 \text{ kg ha}^{-1}$ ), moodustas 2019. aastal vaid 12% ( $297 \text{ kg ha}^{-1}$ ) segu E biomassist. Aleksandria ristiku biomass jäi segupartneritest väiksemaks mõlemal aastal. 2018. aastal oli aleksandria ristiku osakaal segus 2% ( $51 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja 2019. aastal langes veelgi, olles vaid  $9 \text{ kg ha}^{-1}$ . Umbrohtumus oli 2018. aastal 27% ( $742 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja 2019. aastal 18% ( $432 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (joonis 14 ja 15).

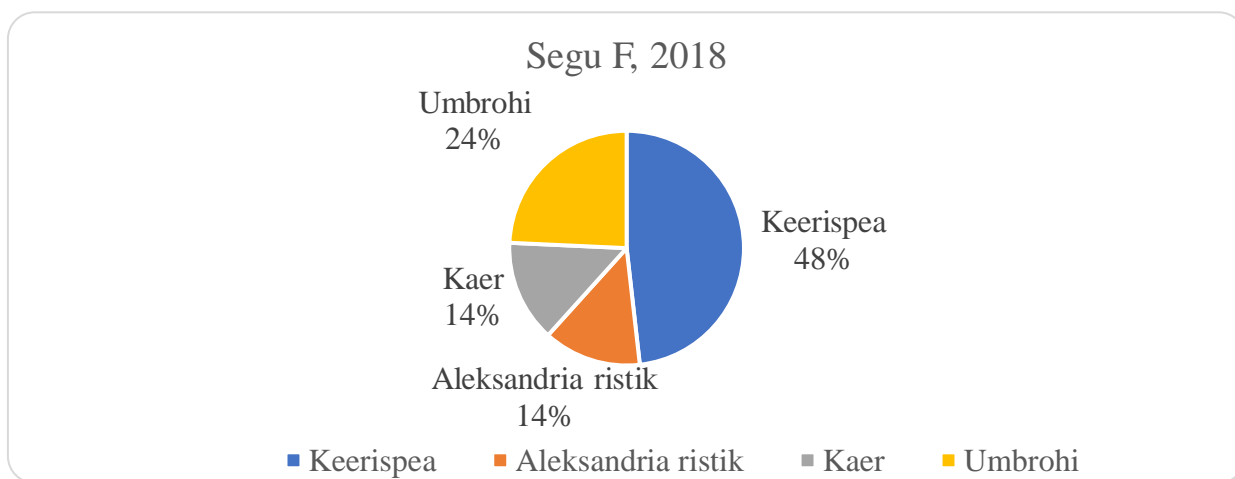


**Joonis 14.** Segu E (talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik) liigiline koosseis aastal 2018 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

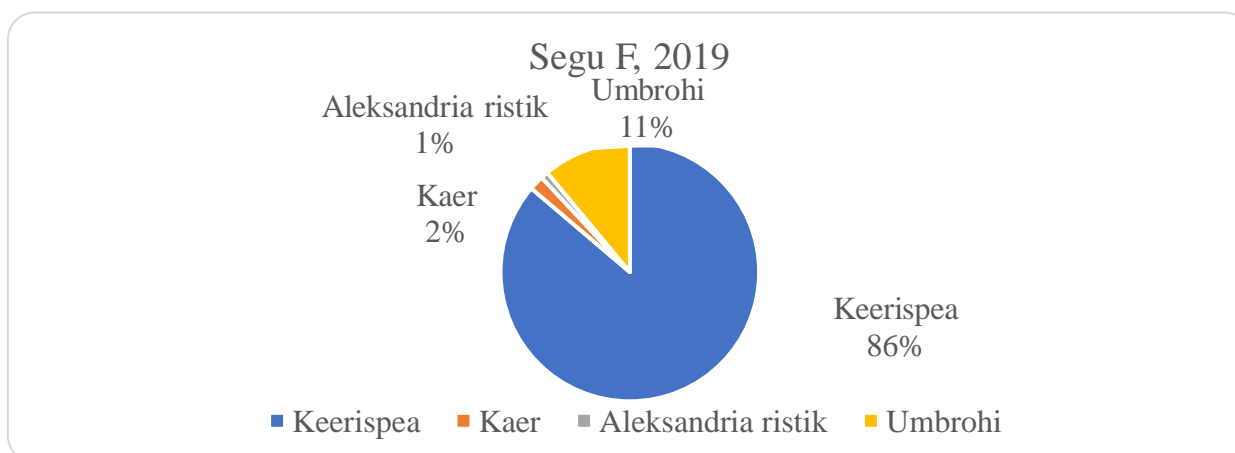


**Joonis 15.** Segu E (talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik) liigiline koosseis aastal 2019 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Segu F puhul oli ainukesena suurem biomass 2019. aasta katses ( $2102 \text{ kg ha}^{-1}$ ). 2018. aasta katses oli biomass  $1780 \text{ kg ha}^{-1}$ . Kui keerispea moodustas juba 2018. aasta katses 48% ( $858 \text{ kg ha}^{-1}$ ) biomassist, siis 2019. aastal oli see 86% ( $1812 \text{ kg ha}^{-1}$ ). See oli ka kõigi katsevariantide seas kõige suurem keerispea biomass. Aleksandria ristiku osakaal oli 2018. aastal 13% ( $240 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja kaera osakaal oli 14% ( $250 \text{ kg ha}^{-1}$ ). 2019. aasta keerispea domineerimine segus vähendas kaera ja aleksandria ristiku osakaalu. Kaera osakaal oli 2% ( $39 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja aleksandria ristiku osakaal 1% ( $19 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Umbrohu osakaal oli suurem 2018. aastal, kui see oli 24% ( $432 \text{ kg ha}^{-1}$ ). 2019. aastal oli umbrohu biomass 11% ( $232 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (joonis 16 ja 17).

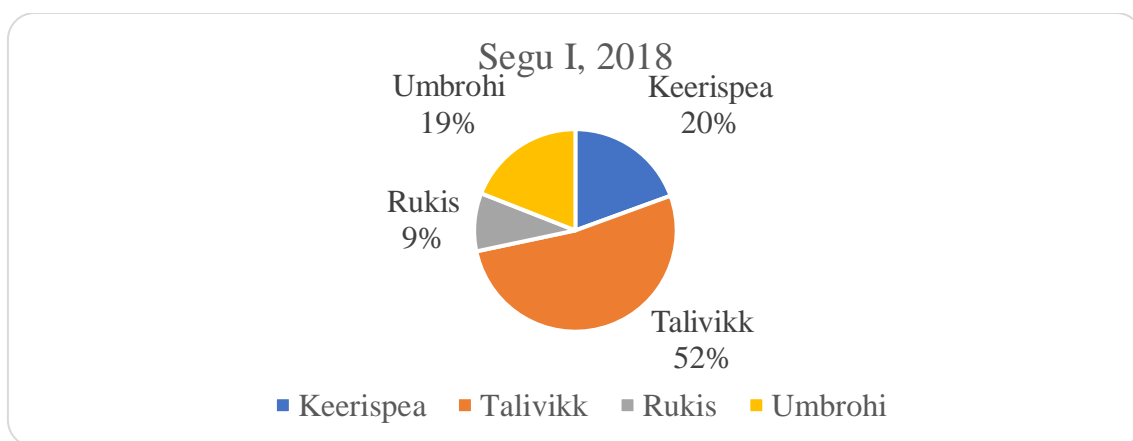


**Joonis 16.** Segu F (aleksandria ristik, kaer, keerispea) liigiline koosseis aastal 2018 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )<sup>1)</sup>

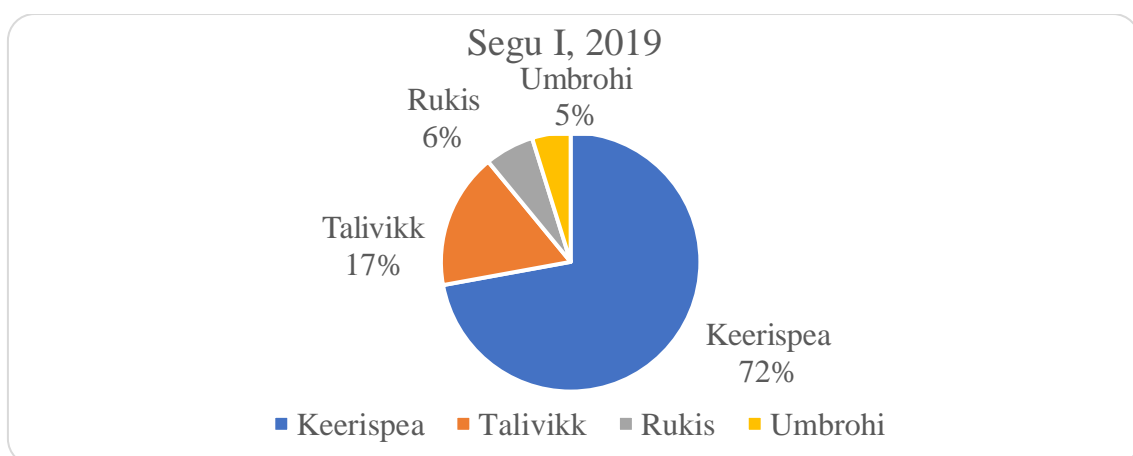


**Joonis 17.** Segu F (aleksandria ristik, kaer, keerispea) liigiline koosseis aastal 2019 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )<sup>1)</sup>

Segu I biomass oli suurem 2018. aastal ( $2454 \text{ kg ha}^{-1}$ ). 2019. aasta biomaas oli  $2081 \text{ kg ha}^{-1}$ . 2018. aastal oli segus domineerivaimaks liigiks talivikk, mille biomass moodustas 52% ( $1282 \text{ kg ha}^{-1}$ ) kogu segu biomassist. Keerispea ja rukki biomassid moodustasid vastavalt 19% ( $477 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja 9% ( $228 \text{ kg ha}^{-1}$ ). 2019. aastal langes taliviki osakaal 17%-ni ( $352 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja keerispea osakaal tõusis 72%-ni ( $1501 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Rukki osakaal jäi sarnaseks, moodustades biomassist 6% ( $128 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Umbrohtumus oli suurem 2018. aastal, kui umbrohud moodustasid segu biomassist 19% ( $467 \text{ kg ha}^{-1}$ ). 2019. aastal langes umbrohtude osakaal biomassist 5%-ni ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mis oli 2019. aasta segude kohta kõige väiksem umbrohtumus (joonis 18 ja 19).



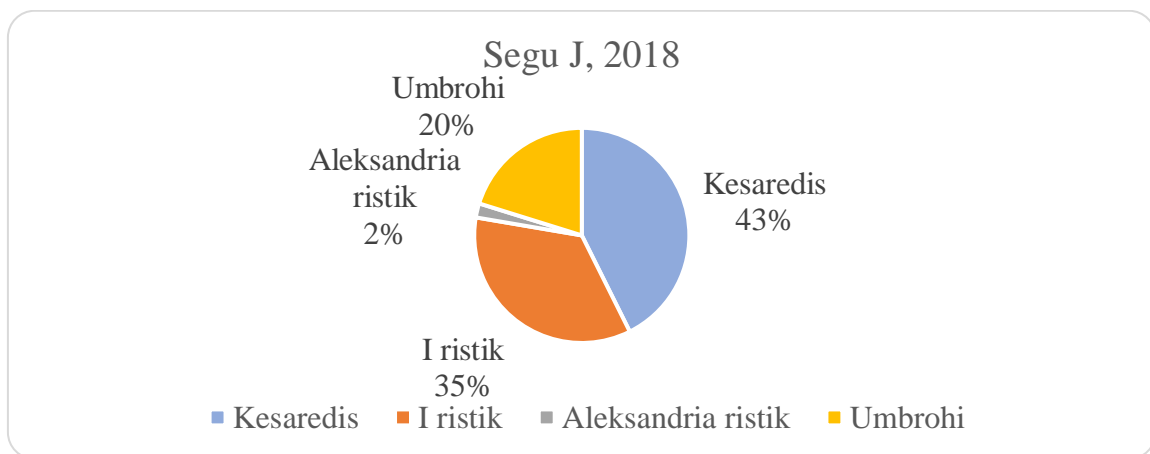
**Joonis 18.** Segu I (talivikk, rukis, keerispea) liigiline koosseis aastal 2018 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )



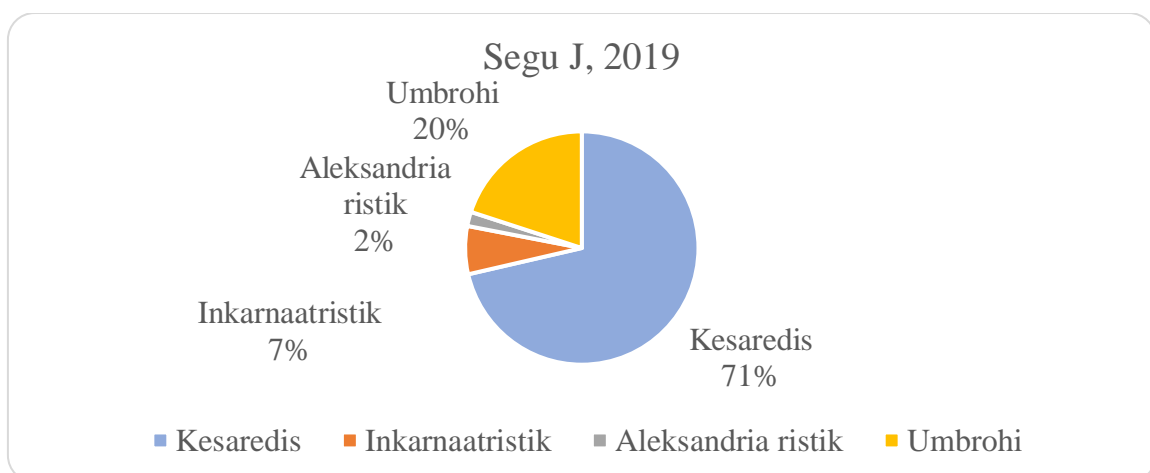
**Joonis 19.** Segu I (talivikk, rukis, keerispea) liigiline koosseis aastal 2019 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

2018. aastal moodustas segu J tunduvalt suurema biomassi ( $2302 \text{ kg ha}^{-1}$ ) kui 2019. aastal ( $1621 \text{ kg ha}^{-1}$ ). 2019. aasta väiksema biomassi põhjustas inkarnaatristiku jaoks ebasobivam

kasvuaasta. Katsest järeldub, et sademetrohkema ja väiksema efektiivsete temperatuuride summaga kasvuperioodil jääb inkarnaatristiku biomassi saak väiksemaks. Kui 2018. aastal moodustas inkarnaatristiku biomass segust 50% ( $807 \text{ kg ha}^{-1}$ ), siis 2019. moodustas see vaid 7% ( $108 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Kesaredise biomassi osakaal oli mõlemal aastal ühtlasem. 2018. aastal moodustas see 61% ( $982 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja 2019. aastal 71% ( $1157 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Aleksandria ristiku biomassi osakaal oli mõlemal aastal sarnaselt madal- 2018. aastal 3% ( $49 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja 2019. aastal 2% ( $32 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Umbrohtumus oli 2018. aastal suurem (29%,  $465 \text{ kg ha}^{-1}$ ) kui 2019. aastal (20%,  $324 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (joonis 20 ja 21).

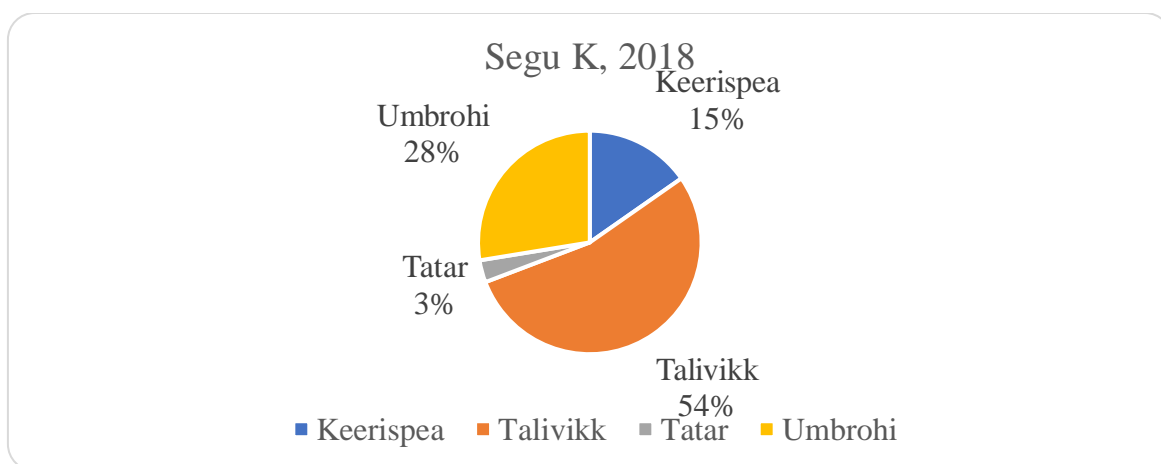


**Joonis 20.** Segu J (kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik) liigiline koosseis aastal 2018 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

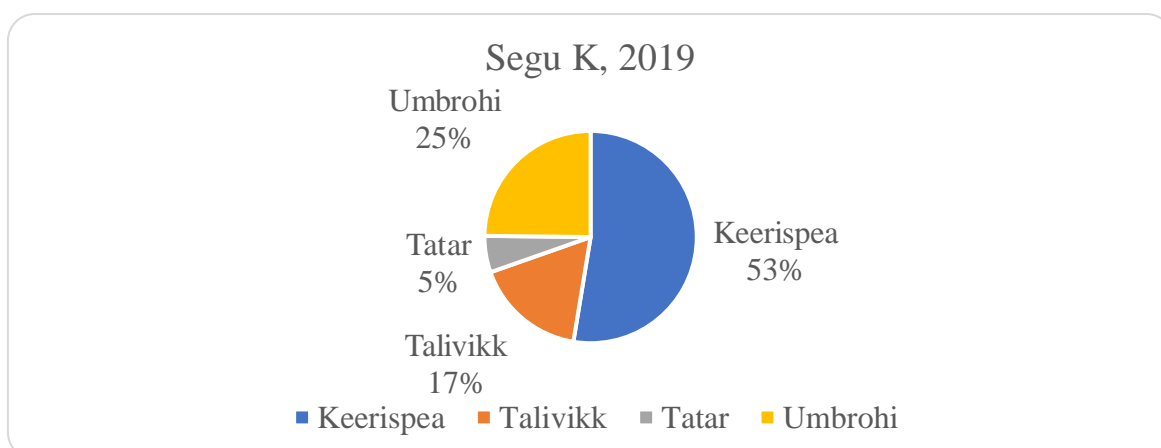


**Joonis 21.** Segu J (kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik) liigiline koosseis aastal 2019 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Segu K puhul moodustus suurem biomass aastal 2018 ( $2394 \text{ kg ha}^{-1}$ ), 2019. aastal oli biomass  $2256 \text{ kg ha}^{-1}$ . 2018. aastal domineeris segus talivikk, mis moodustas segu biomassist 54% ( $1291 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mis on ka taliviki suurim biomass terves katses. Keerispea osakaal oli 2018. aastal 15% ( $366 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja tatra biomass 3% ( $77 \text{ kg ha}^{-1}$ ). 2019. aastal domineeris segus keerispea, mille osakaal biomassis oli 53% ( $1187 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Taliviki osakaal langes 17%-ni ( $384 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja tatra osakaal kasvas, olles 2019. aastal 6% ( $125 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Umbrohtumus oli suurem jällegi 2018. aastal, kui umbrohud moodustasid biomassist 28% ( $660 \text{ kg ha}^{-1}$ ). 2019. aastal moodustasid umbrohud segust 25% ( $560 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (joonis 22 ja 23).



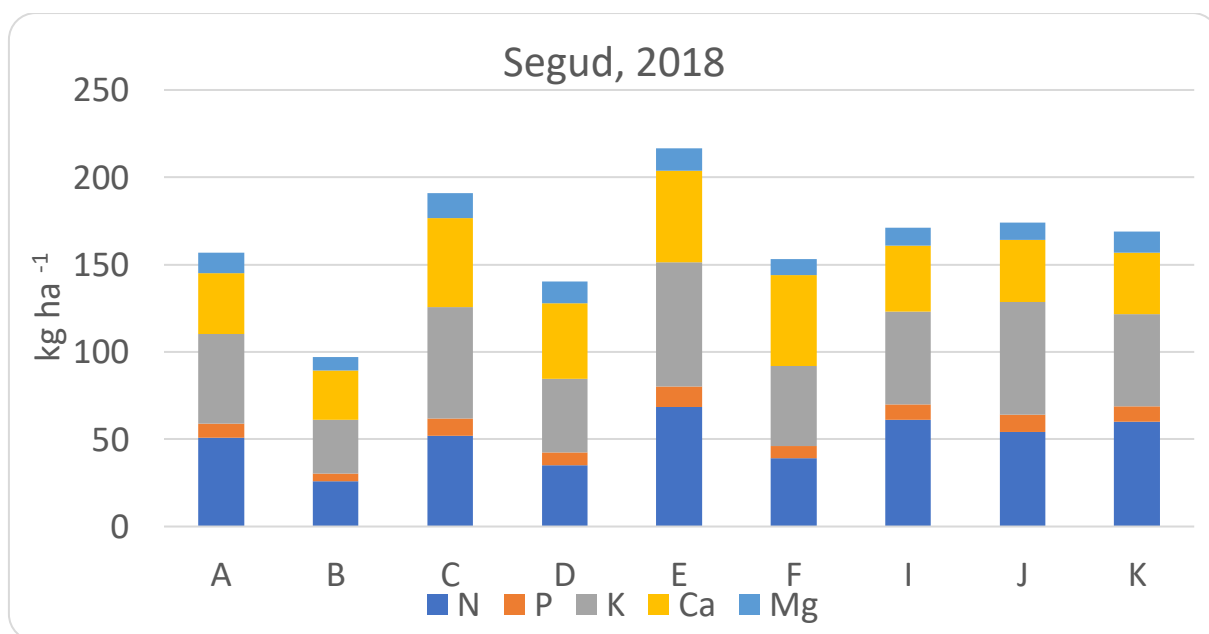
**Joonis 22.** Segu K (talivikk, keerispea, tatar) liigiline koosseis aastal 2018 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )



**Joonis 23.** Segu K (talivikk, keerispea, tatar) liigiline koosseis aastal 2019 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

### 3.4 Vahekultuuride segude toitainete sidumine aastatel 2018 ja 2019

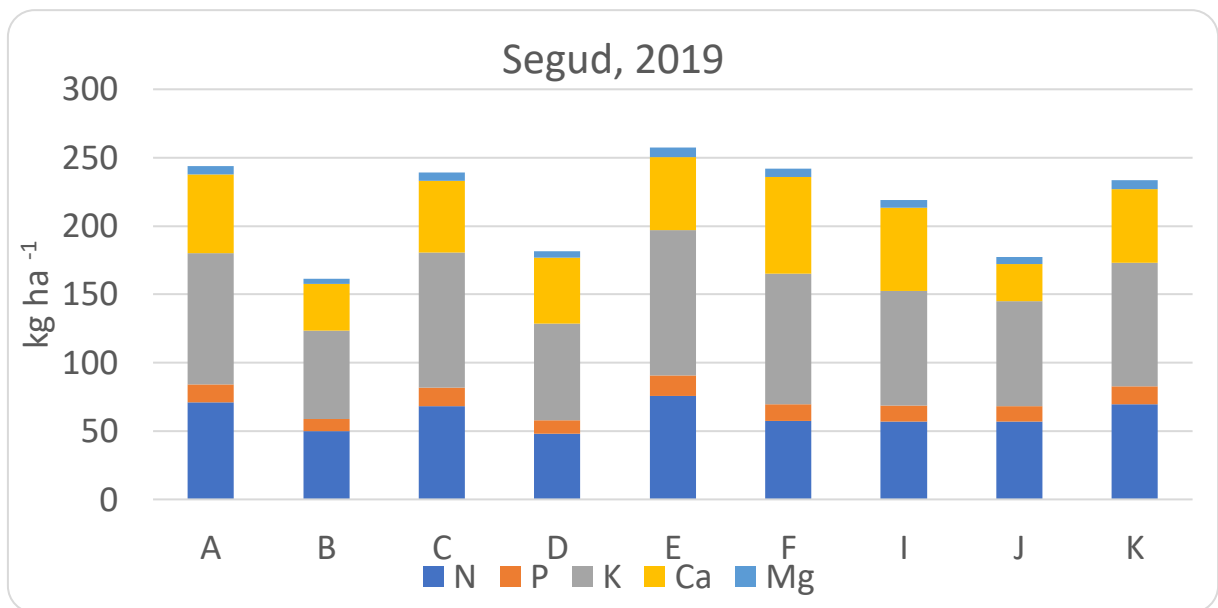
2018. aastal sidus kõige rohkem toitaineid segu E ( $217 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mis moodustas ka kõige suurema biomassi. Kõige vähem sidus toitaineid segu B ( $97 \text{ kg ha}^{-1}$ ), millel oli sellel aastal ka kõige väiksem biomass. Segude A, D, F, I, J ja K seotud toitainete hulk jäi samasse suurusjärku ( $140\text{--}174 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Segu C sidus  $191 \text{ kg ha}^{-1}$  toitaineid (joonis 24).



**Joonis 24.** Segude seotud toitainete koguste ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) hulk aastal 2018. Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

2019. aastal oli samuti suurim toitainete siduja segu E ( $257 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mis moodustas samal aastal ka suurima biomassi. Kõige vähem toitaineid sidus segu B ( $161 \text{ kg ha}^{-1}$ ), millel oli ka sel aastal kõige väiksem biomass. Sarnaselt B-ga sidusid vähem toitaineid segud D ( $181 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ja J ( $177 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Segude A, C, F, I ja K toitainete sidumise erinevus jäi  $35 \text{ kg ha}^{-1}$  piiresse (joonis 25).



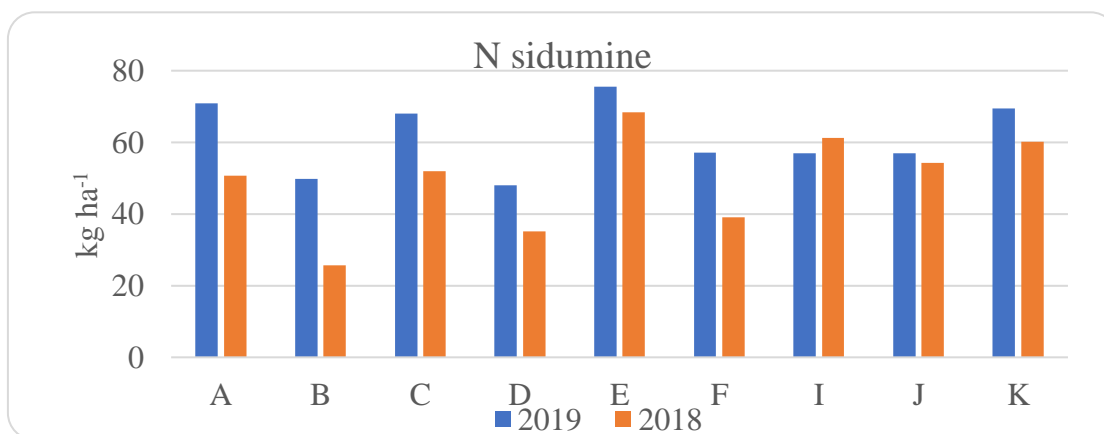


**Joonis 25.** Segude seotud toitainete koguste ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) hulk aastal 2019. Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

Sellest saab järeldada, et suurema biomassi puhul seotakse ka rohkem toitaineid (joonis 24 ja 25). Ka Toom jt. (2019) järeldasid, et näiteks lämmastiku sidumise võime oleneb eelkõige biomassi suurusest. Ka vähim toitaineid sidunud segu oli mõlemal katseaastal sama (segu B). Vahekultuuride segud sidusid enam toitaineid 2019. aastal. 2019. aastal seotud toitainete hulk oli suurem, sest 2018. aastal moodustasid suure osakaalu segudes umbrohud ning külvatud kultuuride biomass oli tegelikult väiksem. Ainuke segu, mille toitainete sidumine ei olnud 2019. aastal märgatavalt suurem, oli segu J. Seda sellepärast, et 2019. aastal moodustus selles segus oluliselt väiksem inkarnaatristiku biomass ja seetõttu oli ka kogu segu biomassi suurus tunduvalt väiksem (joonis 24 ja 25).

### 3.4.1 Lämmastik

Lämmastikku sidumine oli segudes enamasti suurem 2019. aastal. Ainukesena seoti 2018. aastal rohkem lämmastikku segus I. Seda võiks põhjendada sellega, et liblikõielise taime (talivikk) osakaal langes segus 52% pealt 17% peale. Kõige rohkem lämmastikku nii 2018. kui ka 2019. aastal seoti segus E (vastavalt 68 kg ha<sup>-1</sup> ja 76 kg ha<sup>-1</sup>). Kõige vähem seoti lämmastikku 2018. aastal segus B (26 kg ha<sup>-1</sup>) ja 2019. aastal segus D (48 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 26). Vähem seoti lämmastikku segudes, kus liblikõielistest olid esindatud üheaastased riskud (aleksandria ristik, inkarnaatristik).

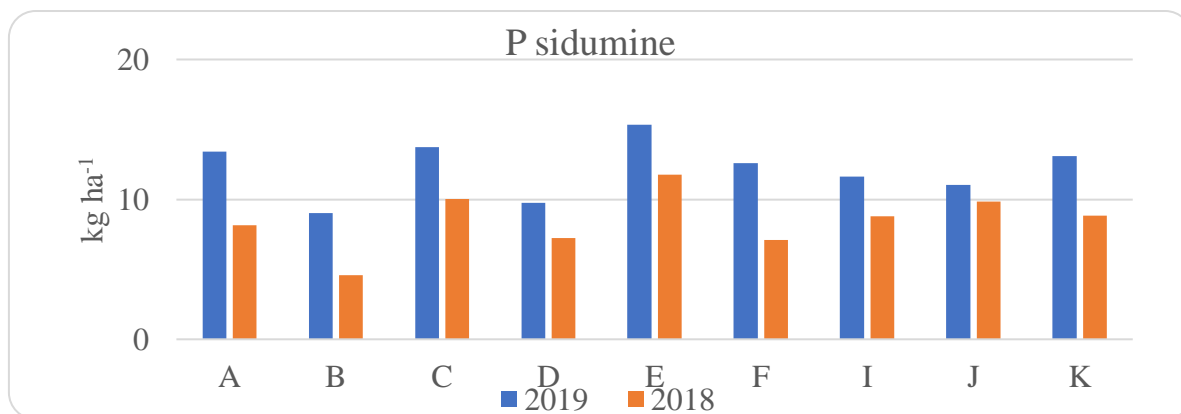


**Joonis 26.** Lämmastiku sidumine segudes 2018. ja 2019. aastal (kg ha<sup>-1</sup>). Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

### 3.4.2 Fosfor

Fosfori sidumine oli mõlemal aastal suurim segus E. 2019. aastal sidus segu E 15 kg ha<sup>-1</sup> ja 2018. aastal 12 kg ha<sup>-1</sup>. Kõige vähem seoti fosforit mõlemal aastal segus B- 2018. aastal 5 kg ha<sup>-1</sup> ja 2019. aastal 9 kg ha<sup>-1</sup>. Kõige suurem erinevus aastati oli segus F, kus 2018. aastal seoti fosforit (7 kg ha<sup>-1</sup>) 6 kg ha<sup>-1</sup> võrra vähem kui 2019. aastal (13 kg ha<sup>-1</sup>). Kõige väiksem

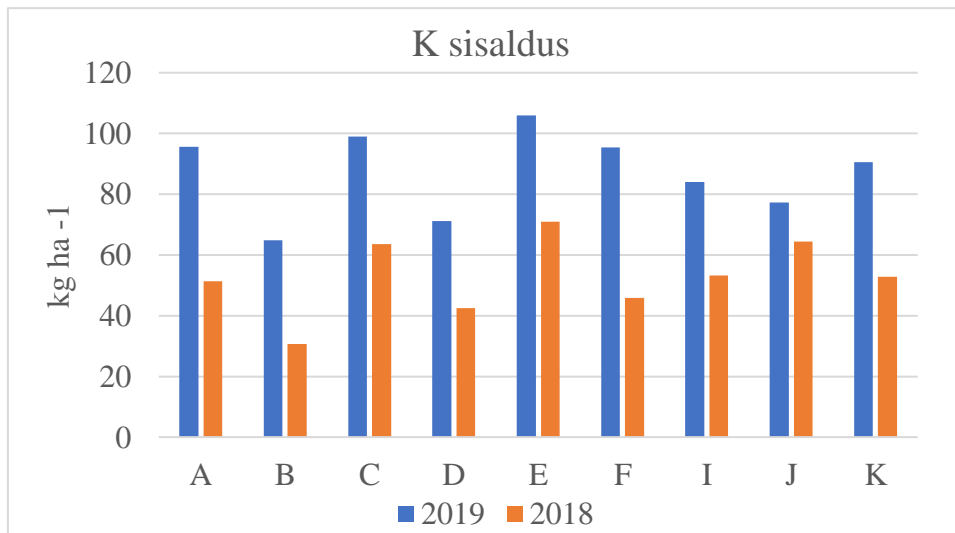
erinevus oli segul J, kus 2018. aastal seoti 10 kg ha<sup>-1</sup> fosforit ja 2019. aastal 11 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 27). Kõige väiksem erinevus segus J tulenes sellest, et 2019. aastal langes inkarnaatristiku osakaal 50% (807 kg ha<sup>-1</sup>) pealt 7 % (108 kg ha<sup>-1</sup>) peale.



**Joonis 27.** Fosfori sidumine segudes 2018. ja 2019. aastal (kg ha<sup>-1</sup>). Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

### 3.4.3 Kaalium

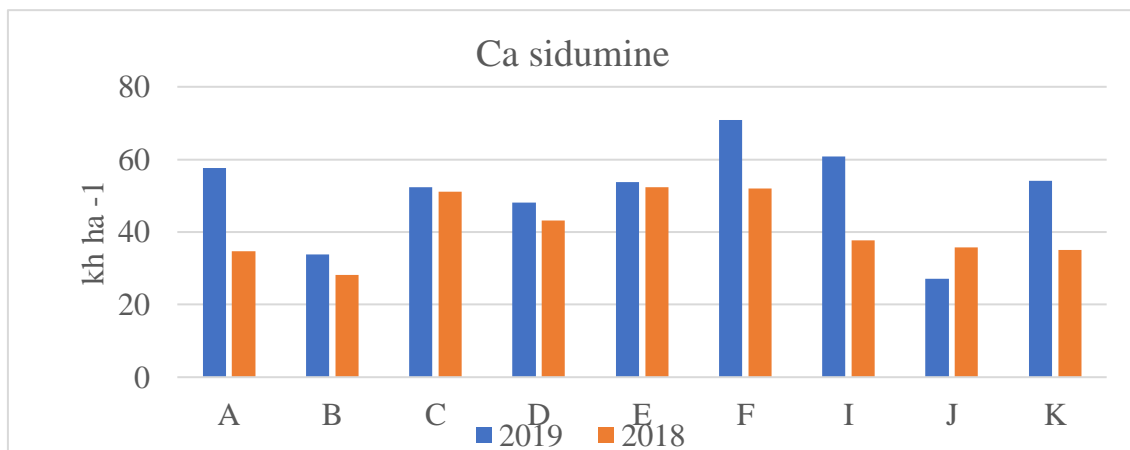
Rohkem suutsid segud kaaliumit siduda 2019. aastal. Mõlemal aastal seoti seda jällegi kõige rohkem segus E- 2018. aastal 106 kg ha<sup>-1</sup> ja 2019. aastal 71 kg ha<sup>-1</sup>. Kõige vähem seoti kaaliumit segus B mõlemal aastal. 2018 . aastal 31 kg ha<sup>-1</sup> ja 2019. aastal 65 kg ha<sup>-1</sup> ehk 2018. aastal oli kaaliumi sidumine selles segus üle poole madalam. Suured erinevused tekkisid veelgi mitmes segus, näiteks ka segus J. Väikseim erinevus katsete lõikes oli ka kaaliumi puhul segus J (13 kg ha<sup>-1</sup>) (joonis 28). Suurte erinevuste tõttu saab järeldada, et kaaliumi kättesaamine mullast on väheste sademete puhul taimede jaoks raskem.



**Joonis 28.** Kaaliumi sidumine segudes 2018. ja 2019. aastal (kg ha<sup>-1</sup>). Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

#### 3.4.4 Kaltsium

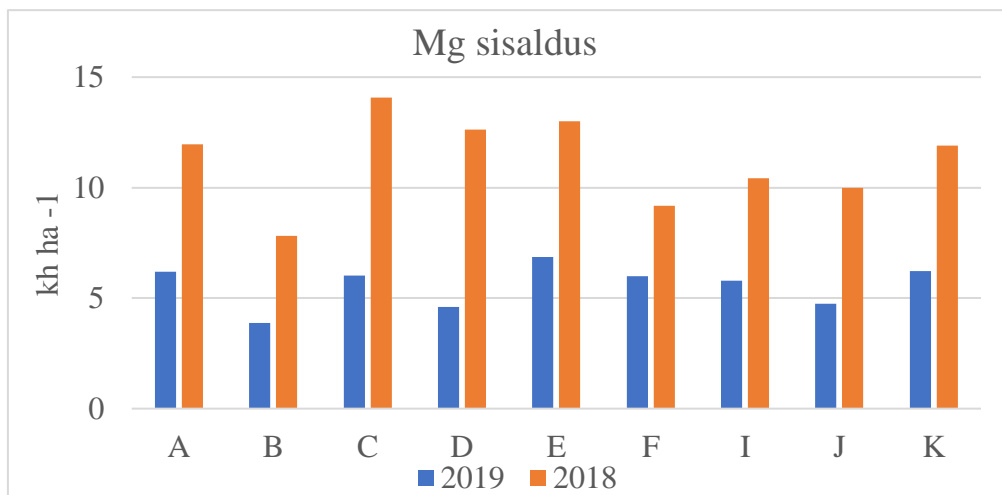
Kaltsiumi sidumine oli kokku võttes efektiivsem 2019. aastal, kui segude peale kokku seoti 458 kg ha<sup>-1</sup>, mis on 88 kg ha<sup>-1</sup> võrra rohkem kui 2018. aastal. 2019. aastal seoti kõige rohkem kaltsiumit segus F. Segu E (54 kg ha<sup>-1</sup>) jäi kaltsiumi sidumise osas 2019. aastal keskmisele tasemele, milleks oli 2019. aastal 51 kg ha<sup>-1</sup>. Kõige rohkem sidus kaltsiumit 2019. aastal segu F (71 kg ha<sup>-1</sup>). 2018. aastal sidusid kõige rohkem kaltsiumit segud E (52 kg ha<sup>-1</sup>) ja F (52 kg ha<sup>-1</sup>). Kõige vähem seoti mõlemal aastal kaltsiumit segus B- 2018. aastal 28 kg ha<sup>-1</sup> ja 2019. aastal 34 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 28).



**Joonis 28.** Kaltsiumi sidumine segudes 2018. ja 2019. aastal (kg ha<sup>-1</sup>). Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

### 3.4.5 Magneesium

Magneesium oli ainuke toitaine, mida segude peale kokku seoti rohkem 2018. aastal (101 kg ha<sup>-1</sup>). See näitab, et kuivemal ja vähesemate sademetega kasvuperioodil on magneesiumi omastamine mullast intensiivsem. 2018. aastal seoti kõige rohkem magneesiumit segus C (14 kg ha<sup>-1</sup>). Keskmisest rohkem sidusid ka segud E (13 kg ha<sup>-1</sup>), D (13 kg ha<sup>-1</sup>), A (12 kg ha<sup>-1</sup>) ja K (12 kg ha<sup>-1</sup>). Kõige vähem seoti mõlemal aastal magneesiumit segus B- 2018. aastal 8 kg ha<sup>-1</sup> ja 2019. aastal 4 kg ha<sup>-1</sup> (joonis 29).



**Joonis 29.** Magneesiumi sidumine segudes 2018. ja 2019. aastal (kg ha<sup>-1</sup>). Segu A- talivikk, keerispea, talioder; segu B- aleksandria ristik, keerispea, talioder; segu C- kesaredis, aleksandria ristik, keerispea; segu D- hernes, keerispea, tatar; segu E- talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik; segu F- aleksandria ristik, kaer, keerispea; segu I- talivikk, rukis, keerispea; segu J- kesaredis, kaer, aleksandria ristik, inkarnaatristik; segu K- talivikk, keerispea, tatar.

## KOKKUVÕTE

Töö eesmärgiks oli võrrelda erinevate vahekultuuride segude biomassi moodustamise ja toitainete sidumise võimet. Töös analüüsiti 2018. ja 2019. tehtud katsete andmeid. Kasvuperioodid olid mõlemal aastal küllaltki erinevad. 2018. aasta kasvuperiood oli põuasem ja soojem, kui 2019. aastal. kasvuperiood. Sellest tulenevalt olid ka erinevused segude liigilises koosseisus ja biomassi ja moodustamise võimes. 2018. aastal moodustus vahekultuuridel suurem biomass kui 2019. aastal. Kuigi tärkamisaegne periood 2018. aastal oli põuane, tagas suurema biomassi soodsam kasvuperiood - efektiivseid temperatuure kogunes 250 kraadi rohkem. Kuna vahekultuuride tärkamine oli 2018. aastal veidi pärsitud, umbrohtude osatähtsus biomassis oli suurem kui 2019. aastal. Kui arvestada ainult külvatud kultuuride biomasse, siis olid suuremad biomassid 2019. aastal. Suurema umbrohtumuse tõttu jäi 2018. aastal toitainete sidumine väiksemaks kui 2019. aastal.

Kõige suurema biomassi moodustas mõlemal aastal segu E (talivikk, kesaredis, keerispea, aleksandria ristik), 2018. aastal 2728 kg ha<sup>-1</sup>, 2019. aastal 2413 kg ha<sup>-1</sup>. Kõige väiksema biomassi moodustas mõlemal aastal segu B (aleksandria ristik, keerispea, talioder), 2018. aastal 1548 kg ha<sup>-1</sup>, 2019. aastal 1427 kg ha<sup>-1</sup>. Segu E tugevus võis tuleneda sellest, et see sisaldas kõiki segudes enim domineerinud liike (talivikk, keerispea, kesaredis). Ükski teine segu kõiki kolme ei sisaldanud.

Toitainete sidumise poolest oli samuti mõlemal aastal kõige suurema sidumisvõimega segu E (2018. aastal 217 kg ha<sup>-1</sup>, 2019. aastal 257 kg ha<sup>-1</sup>). Kõige vähem toitaineid sidus segu B (97 kg ha<sup>-1</sup>, 2019. aastal 161 kg ha<sup>-1</sup>). Sellest saab järeldada, et toitainete sidumine oleneb biomassi suurusest. Mida suurem biomass, seda rohkem seotakse toitaineid. Ainukesena seoti toitainetest 2018. aastal rohkem magneesiumi, millest võiks järeldada, et põuastes ja soojemates tingimustes on magneesiumi sidumine efektiivsem.

Tööst saab järeldada, et erinevad vahekultuuride segud on erineva biomassi moodustamise ja toitainete sidumise võimega. Selleks, et segu saavutaks suure biomassi ja seoks seega ka rohkem toitaineid, võiks segu sisaldada segudes suuri biomasse moodustanud liike (talivikk,

keerispea, kesaredis). Kindlasti tasub kasvatada segusid, sest erinevad aastad sobivad erinevatele kultuuridele. Kui 2018. aastal oli keerispea segudes tagasihoidlikuma biomassi saagiga, siis 2019. aastal domineeris keerispea kõigis segudes, moodustades segus F lausa 86% kogu biomassist. Taliviki jaoks oli jällegi parem aasta 2018.



## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Allison, F.E.** (1973). *Soil Organic Matter and Its Role in Crop Production*. Elsevier Scientific Pub. Co. Amsterdam. lk 637.
2. **Askegaard, M., Thomsen I.K., Berntsen, J., Hovmøller, M.S., Kristensen, K.** (2011). Performance of spring barley varieties and variety mixtures as affected by manure application and their order in an organic crop rotation. *Acta Agr. Scan., B* 61: 421-430. DOI: 10.1080/09064710.2010.501340
3. **Bender, I.** (2019). The influence of in stripes living mulches to the cabbage yield and weeds in organic farms.- *Agronomy* 2019.
4. **Blevins, R.C., Cook, D., Phillips, S.H.** (1971). Influence of no-tillage on soil moisture. *Agronomy Journal*. 63. lk 593-596.
5. **Boehm, M.M., Anderson, D.W.** (1997). A landscape-scale study of soil quality in three prairie farming systems. – *Soil Science Society of America Journal* 61, lk 1147–1159.
6. **Börner, H.** (1960). Liberation of organic substances from higher plants and their role in the soil sickness problem. *Botanical Review* 26, lk 393-424.
7. **Büchi, L, Gebhard, C.A., Liebisch, F., Sinaj, S., Ramseier, H., Charles, R.** 2015. Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. *Plant and Soil*, 393 (1), lk 163- 175.
8. **Creamer, N.G., Bennet, M.A., Stineer, B.** (1997). Evaluation of cover crop mixtures for use in vegetable production systems. *HortScience* 32, lk 866-870.
9. **Dirnberger, J.M.** (1995). The bottom line matters-you can laugh at him on the way to the bank. *National Conservation Tillage Digest*. October-November. lk 20-23.
10. **El Titi, A., Upach, U.** (1989). Soil fauna in sustainable agriculture: results of an integrated farming system at Lautenbach, F. R. G. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 27, lk 561–572.
11. **Finney, D.M., Buyer, J.S., Kaye, J.P.** (2017). Living cover crops have immediate impacts on soil microbial community structure and function. *Journal of Soil and Water Conservation*. Vol. 72, no 4, lk 370.
12. **Gwinn, K.D., Ownley, B.H., Greene, S.E., Clark, M.M., Taylor, C.L., Springfield, T.N., Trently, D.J., Green, J.F., Reed, A., Hamilton, S.L.** (2010). Role of essential oils in control of *Rhizoctonia* dampingoff in tomato with bioactive monarda herbage. *Phytopathology* 100, lk 493-501.

13. **Høgh-Jensen, H., Schjoerring, J. K.** (2001). Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, lk 439–448.
14. **Hoitink, H.A.J., Boehm, M.J.** (1999). Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Annual Review of Phytopathology* 37, lk 427-446.
15. **Jaskulski, D., Jaskulska, I.** (2011a). Share of agricultural land in spatial variation in plant cover of Kujawy and Pomorze Province. *Pol. J. Environ. Stud.*, 20(3), lk 571- 579.
16. **Jaskulski, D., Jaskulska, I.** (2011b). Diversity and dominance of crop plantations in the agroecosystems of the Kujawy and Pomorze region in Poland. *Acta Agric. Scand., Sect. B – Soil Plant Sci.*, 61(7), lk 633-640.
17. **Justes, E., Beaudoin, N., Bertuzzi, P., Charles, R., Constantin, J., Dürr, C., Hermon, C., Joannon, A., Le Bas, C., Mary, B., Mignolet, C., Montfort, F., Ruiz, L., Sarthou, J.P., Souchère, V., Tournebize, J., Savini, I., Réchauchère, O.** (2012). The use of cover crops in the reduction of nitrate leaching: Impact on the water and nitrogen balance and other ecosystem services. Summary of the study report, INRA (France), lk 1- 60.
18. **Kirkegaard, J.** (2009). Biofumigation for plant disease control – from the fundamentals to the farming system. Pages 172-195 in: *Disease control in crops. Biological and environmentally friendly approaches.* Walters D., ed. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
19. **Kordas, I., Waclawowicz, R., Białczyk, W.** (2000). The effect of stubble catch crops on weed infestation in winter wheat and spring barley stands in crop rotations with a different proportion of cereals. *Inż. Rol.*, 6, lk 147-152. (in Polish)
20. **Kruus, M., Kruus, E., Luik, A.** (2012). Viljelusviisi mõju jooksiklaste liigirikkusele. – Teaduselt mahepõllumajandusele. Konverentsi toimetised. Tartu, lk 53–55.
21. **Ladygina, N., Hedlund, K.** (2010). Plant species influence microbial diversity and carbon allocation in the rhizosphere. *Soil Biology & Biochemistry* 42, lk 162-168.
22. **Larkin, R.P., Griffin, T.S., Honeycut, C.W.** (2010). Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield and soil microbial community. *Plant Disease* 94, lk 1491-1502.
23. **Lauringson, E., Talgre, L., Kuht, J., Makke, A.** (2009). Liblikõieliste haljasväetiskultuuride järelmõju mulla lasuvutihedusele ja vihmausside arvukusele. – *Agronoomia* 2009, lk 48–53.
24. **Luik, A., Talgre, L., Eremeev, V., Sanches de Cima, D., Reintam, E.** (2014). Talvised vahekultuurid parandavad külvikorras mulda. – Teaduselt mahepõllumajandusele. Konverentsi toimetised. Tartu, lk 56–59.
25. **Michel, V., Lazzeri, L.** (2011). Green manures to control *Verticillium* wilt of strawberry. *IOBC/wprs Bulletin* 7, lk 81-86.

26. **Morgan, M.F., Jacobson, H., LeCompte Jr., S.** (1942). Drainage water losses from a sandy soil as affected by cropping and cover crops. Connecticut Agric. Exp. Station Bul. 466, lk 731–759.
27. **Munroe, J. W., Isaac, M. E.** (2014). N<sub>2</sub>-fixing trees and the transfer of fixed- N for sustainable agroforestry: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, lk 417–427.
28. **Piper, C.V., Pieters, A.J.** (1922). Green Manuring. USDA Farmer's Bulletin 1250. 45 lk.
29. **Plaza, A., Ceglarek, F., Próchnicka, M.** (2009). The influence of stubble catch crop on the yield and yield structure of potato tubers. *Fragm. Agron.*, 26(3), lk 137-145. (poola keeles)
30. **Putman, A.R., DeFrank, J.** (1983). Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection* 2, lk 173-181.
31. **Reintam, E., Sulp, K., Sanchez de Cima, D., Luik, A.** (2014). Talviste vahekultuuride haljasväetiseks kasvatamise mõju vihmaussidele. – Teaduselt mahepõllumajandusele. Konverentsi toimetised. Tartu, lk 80–83.
32. **Rinnofner, T., Friedel, J.K., de Kruijff, R., Pietsch, G., Freyer, B.** (2008). Effect of catch crops on N dynamics and following crops in organic farming. *Agron. Sustain. Dev.*, 28: 551-558. DOI: 10.1051/agro:2008028
33. **Ritter, W.F., Chirnside, A.E.M.** (1987). Influence of agricultural practices on nitrates in the water-table aquifer. *Biol. Wastes* 19, lk 165–178.
34. **Rodríguez-Lizana, A., Carbonell, P., González, R., Ordóñez, R.** (2010). N, P and K released by the field decomposition of residues of a pea-wheat-sunflower rotation. – *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 87, lk 199–208.
35. **Salon, P.R.** (2012). Diverse cover crop mixes for good soil health, USDA-NRCS, Big Flats Plant Materials Center, lk 1-6
36. **Sarrantonio, M., Gallandt, E.** (2003). The Role of Cover Crops in North American Cropping Systems. *Journal of Crop Production*, 8 (1), lk 53- 74.
37. **Schmidt, R., Gravuer, K., Bossange, A.V., Mitchell, J., Scow, K.** (2018). Long-term use of cover crops and no-till shift soil microbial community life strategies in agricultural soil. *PLOS One*. Vol. 13, no. 2.
38. **Sepp, K., Lauringson, E., Milvaste, E.** (2018) Vahe- ja haljasväetiskultuurid, Maaelu arengukava 2014- 2020 keskkonnasõbraliku majandamise täienduskoolitus, lk 41- 56.
39. **Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R.L., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R.L., Nyiraneza, J., O'Neil, K.** (2005). Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches.

40. **Soltangheisi, A., Rodrigues, M., Coelho, M.J.A., Gasperini, A.M, Sartor, L.R., Pavinato, P.S.** (2018). Changes in soil phosphorus lability promoted by phosphate sources and cover crops, *Soil & Tillage Research*, 179, lk 27
41. **Soon, Y.K., Arshad, M.A.** 2002. Comparison of the decomposition and N and P mineralization of canola, pea and wheat residues. – *Biology and Fertility of Soils* 36, lk 10–17.
42. **Stark, C.H., Condrón, L.M., O’Callaghan, M., Stewart, A., Di, H.J.** (2008). Differences in soil enzyme activities, microbial community structure and short-term nitrogen mineralization resulting from farm management history and organic matter amendments. *Soil Biology & Biochemistry* 40:13521363.
43. **Stivers-Young, L.J., Tucker, F.A.** (1999). Cover-cropping practices of vegetable producers in Western New York. *HortTechnology*
44. **Sullivan, P.** (2003). Overview of Cover Crops and Green Manures, *Fundamentals of Sustainable Agriculture*, lk 3- 11.
45. **Šarūnaitė, L., Deveikytė, I., Kadžiulienė, Z.** (2010). Intercropping spring wheat with grain legume for increased production in an organic crop rotation. *Žemdirbystė-Agriculture*, 97(3), lk 51-58.
46. **Żuk-Golaszewska, K., Wanic, M., Orzech, K.** (2018) The role of catch crops in field plant production – a review, Department of Agrotechnology, Agricultural Production Management and Agribusiness, University of Warmia and Mazury.
47. **Talgre, L., Lauringson, E., Makke, A., Lükko, M., Nurm, L.** (2011). Biomass formation and nutrient amount returned to soil of various catch crops. – *Agronomy* 2010/2011, lk 53–58.
48. **Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H., Astover, A., Ereemeev, V., Selge, A.** (2009). The effects of pure and undersowing green manures on yields of succeeding spring cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica Section, B – Soil and Plant Science* 59 (1), lk 70–76.
49. **Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H., Astover, A., Makke, A.** (2012). Green manure as a nutrient source for succeeding crops. – *Plant, Soil and Environment* 58, lk 275–281.
50. **Talgre, L., Luik, A.** (2018) Haljasväaetis- mullaviljakuse parandaja, lk 4- 24
51. **Thorup- Kristensen, K., Magid, J., Jensen, L.S.** 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy*, 51, lk 227- 302.
52. **Toom, M., Talgre, L., Pechter, P., Narits, L., Tamm, S., Lauringson, E.** (2019). The effect of sowing date on cover crop biomass and nitrogen accumulation. *Agronomy Research* 17.

53. **Toom, M., Talgre, L., Tamm, S., Narits, L., Laurinson, E.** (2019). Talviste vahekultuuride biomassi moodustamise ja lämmastiku sidumise võime. Teaduselt mahepõllumajandusele toimetised.
54. **Ulla, M., Diton, E., Kolseth, A.K., Widmark, D., Persson, P.** (2014). Cover crop residues – Effects on germination and early growth of annual weeds. *Weed Sci.*, 62(2): 294-302. DOI: 10.1614/WS-D-13-00117.1
55. **Wallenhammar, A.** (1996). Prevalence of *Plasmodiophora brassicae* in a spring oilseed rape growing area in central Sweden and factors influencing soil infestation levels. *Plant Pathol.*, 45, lk 710- 719.
56. **Wanic, M., Kostrzevska, M.K., Jastrzębska M., Brzezina, G.M.** (2004). Role of intercrop sowing in weeds control for spring barley in cereal crops rotation systems. *Fragm. Agron.*, 21(1), lk 85-102. (in Polish)
57. **Wanic, M., Majchrzak, B., Nowicki, J., Waleryś, Z., Orzech, K.** (2012). Role of undersown catch crops and crop rotation in state of health of spring barley. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 11(1), lk 113-124.
58. **Widmer, T.L., Abawi, G.S.** (2002). Relationship between levels of cyanide in sudangrass hybrids incorporated into soil and suppression of *Meloidogyne* hapla. *Journal of Nematology* 34, lk 16-22.
59. **Yancey, Cecil Jr.** (1994). Covers challenge cotton chemicals. *The New Farm*. February. lk 20-23.

Mina, \_\_\_\_\_ Karl Egert Sepp \_\_\_\_\_,  
(*autori nimi*)  
sünniaeg \_\_\_\_02.07.1998\_\_\_\_\_,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö  
\_\_\_\_\_Vahekultuuride segud\_\_\_\_\_,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on Liina Talgre ja Enn Lauringson \_\_\_\_\_,  
(*juhendaja(te) nimi*)

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
  - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
  - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
- kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
  3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(*allkiri*)

Tartu, \_\_19.05.2020\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

---

### Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_Enn Lauringson\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_19.05.2020\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

\_\_\_\_\_Liina Talgre\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev*)

\_\_\_\_\_19.05.2020\_\_\_\_\_